

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERA CIVIL**

**TEMA:
MANUAL DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA BÁSICA Y APLICADA DE LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**AUTORA:
MISHELLE ELIZABETH MARÍÑO LOZANO**

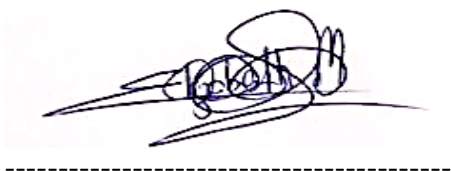
**TUTOR:
HUGO PATRICO CARRIÓN LATORRE**

Quito, marzo del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR

Yo, Mishelle Elizabeth Mariño Lozano, con documento de identidad N° 1750783209, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: MANUAL DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA BÁSICA Y APLICADA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA; mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Mishelle Elizabeth Mariño Lozano

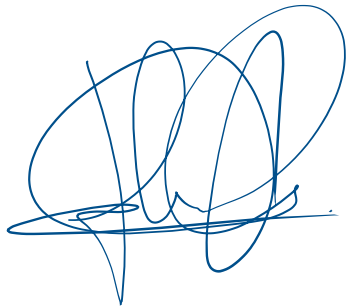
Cedula: 1750783209

Fecha: Quito, marzo del 2021.

DEDICATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, MANUAL DE PRÁCTICAS DE TOPOGRAFÍA BÁSICA Y APLICADA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, realizado por Mishelle Elizabeth Mariño Lozano, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2021.



Atentamente:

Hugo Patricio Carrión Latorre

CI: 0603015728

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme estar donde estoy y esencialmente a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han sido un pilar fundamental en mi educación siendo mi apoyo y mi motor en cada momento. Depositaron su confianza infinita en cada objetivo planteado, me apoyaron sin dudar ni un solo momento de mi dedicación, inteligencia y capacidad para sobrellevar cada situación presentada en mi vida personal y académica. Es por ellos que luche en cada momento y por ellos me encuentro donde me encuentro hoy.

A mis hermanas y compañero en el desarrollo de este proyecto por ayudarme y apoyarme sin condiciones.

A todos los amigos e ingenieros que fueron un aporte en el desarrollo de mi tesis y principalmente a mi tutor por ser mi guía, sabiendo transmitir sus conocimientos y experiencia.

Mishelle Elizabeth Mariño Lozano

Índice de contenido

CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Descripción del problema.....	3
1.4 Justificación	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.	5
1.6 Alcance.....	6
1.7 Marco teórico.....	7
CAPÍTULO II.....	9
2. TOPOGRAFÍA BÁSICA.....	9
2.1 Prácticas de topografía básica en campo.....	9
2.1.1 Toma de azimuts, rumbos y mediciones de varias alineaciones con brújula y cinta. 9	
2.1.1.1 Introducción.	9
2.1.1.2 Objetivos.	9
2.1.1.3 Alcance.....	9
2.1.1.4 Fundamento teórico.....	10
2.1.1.5 Equipo utilizado.	13
2.1.1.6 Procedimiento.	15
2.1.1.7 Cálculos.....	23
2.1.1.8 Conclusiones.	28
2.1.1.9 Recomendaciones.....	29
2.1.1.10 Croquis.....	30
2.1.2 Levantamiento topográfico con cinta y brújula.	31
2.1.2.1 Introducción.	31
2.1.2.2 Objetivos.	31

2.1.2.3 Alcance.....	31
2.1.2.4 Fundamento teórico.....	31
2.1.2.5 Equipo utilizado.	38
2.1.2.6 Procedimiento.	40
2.1.2.7 Cálculos.....	45
2.1.2.8 Conclusiones.	51
2.1.2.9 Recomendaciones.....	51
2.1.2.10 Croquis.....	52
2.1.3 Centrado y puesta de operación de la estación total mediante los tres métodos de partida.....	53
2.1.3.1 Enlace desde un punto conocido y el norte.....	53
2.1.3.1.1 Introducción.	53
2.1.3.1.2 Objetivos.....	53
2.1.3.1.3 Alcance.	53
2.1.3.1.4 Fundamento teórico.	54
2.1.3.1.5 Equipo utilizado.....	58
2.1.3.1.6 Procedimiento.	60
2.1.3.1.7 Conclusiones.....	76
2.1.3.1.8 Recomendaciones.	76
2.1.3.1.9 Croquis.....	77
2.1.3.2 Enlace desde un punto conocido hacia otro punto conocido.	78
2.1.3.2.1 Introducción.	78
2.1.3.2.2 Objetivos.....	78
2.1.3.2.3 Alcance.	78
2.1.3.2.4 Fundamento teórico.	79
2.1.3.2.5 Equipo utilizado.....	84
2.1.3.2.6 Procedimiento.	86
2.1.3.2.7 Conclusiones.....	99
2.1.3.2.8 Recomendaciones.	99
2.1.3.2.9 Croquis.....	100

2.1.3.3 Enlace mediante trisección desde un punto desconocido hacia dos puntos conocidos.	101
2.1.3.3.1 Introducción.	101
2.1.3.3.2 Objetivos.	101
2.1.3.3.3 Alcance.	101
2.1.3.3.4 Fundamento teórico.	102
2.1.3.3.5 Equipo utilizado.	106
2.1.3.3.6 Procedimiento.	108
2.1.3.3.7 Conclusiones.	121
2.1.3.3.8 Recomendaciones.	121
2.1.3.3.9 Croquis.	122
2.1.4 Medición de parámetros topográficos con estación total.	123
2.1.4.1 Introducción.	123
2.1.4.2 Objetivos.	123
2.1.4.3 Alcance.	124
2.1.4.4 Fundamento teórico.	124
2.1.4.5 Equipo utilizado.	133
2.1.4.6 Procedimiento.	135
2.1.4.7 Cálculos.	152
2.1.4.8 Conclusiones.	154
2.1.4.9 Recomendaciones.	154
2.1.4.10 Croquis.	155
2.1.5 Levantamiento y cálculo de poligonales con estación total.	156
2.1.5.1 Poligonal cerrada.	156
2.1.5.1.1 Introducción.	156
2.1.5.1.2 Objetivos.	156
2.1.5.1.3 Alcance.	156
2.1.5.1.4 Fundamento teórico.	157
2.1.5.1.5 Equipo utilizado.	164
2.1.5.1.6 Procedimiento.	166
2.1.5.1.7 Cálculos.	182

2.1.5.1.8Conclusiones.....	190
2.1.5.1.9Recomendaciones.....	191
2.1.5.1.10.....Croquis.	
192	
2.1.5.2 Poligonal abierta.....	193
2.1.5.2.1Introducción.....	193
2.1.5.2.2Objetivos.....	193
2.1.5.2.3Alcance.....	193
2.1.5.2.4Fundamento teórico.....	194
2.1.5.2.5Equipo utilizado.....	200
2.1.5.2.6Procedimiento.....	202
2.1.5.2.7Cálculos.....	218
2.1.5.2.8Conclusiones.....	227
2.1.5.2.9Recomendaciones.....	228
2.1.5.2.10.....Croquis.	
228	
2.1.6 Nivelación geométrica.....	229
2.1.6.1 Nivelación simple.....	229
2.1.6.1.1Introducción.....	229
2.1.6.1.2Objetivos.....	229
2.1.6.1.3Alcance.....	229
2.1.6.1.4Marco teórico.....	230
2.1.6.1.5Equipo utilizado.....	235
2.1.6.1.6Procedimiento.....	236
2.1.6.1.7Cálculos.....	239
2.1.6.1.8Conclusiones.....	241
2.1.6.1.9Recomendaciones.....	241
2.1.6.10Croquis.....	242
2.1.6.2 Nivelación compuesta.....	243
2.1.6.2.1Introducción.....	243
2.1.6.2.2Objetivos.....	243

2.1.6.2.3 Alcance.	243
2.1.6.2.4 Fundamento teórico.	243
2.1.6.2.5 Equipo utilizado.	245
2.1.6.2.6 Procedimiento.	246
2.1.6.2.7 Cálculos.	250
2.1.6.2.8 Conclusiones.	253
2.1.6.2.9 Recomendaciones.	253
2.1.6.2.10.	Croquis.
254	
2.1.6.3 Contranivelación.	255
2.1.6.3.1 Introducción.	255
2.1.6.3.2 Objetivos.	255
2.1.6.3.3 Alcance.	255
2.1.6.3.4 Fundamento teórico.	255
2.1.6.3.5 Equipo utilizado.	259
2.1.6.3.6 Procedimiento.	260
2.1.6.3.7 Cálculos.	264
2.1.6.3.8 Conclusiones.	267
2.1.6.3.9 Recomendaciones.	267
2.1.6.3.10.	Croquis.
268	
2.1.6.4 Nivelación de una línea.	269
2.1.6.4.1 Introducción.	269
2.1.6.4.2 Objetivos.	269
2.1.6.4.3 Alcance.	269
2.1.6.4.4 Fundamento teórico.	269
2.1.6.4.5 Equipo utilizado.	272
2.1.6.4.6 Procedimiento.	273
2.1.6.4.7 Cálculos.	277
2.1.6.4.8 Conclusiones.	283
2.1.6.4.9 Recomendaciones.	283

2.1.6.4.10.....	Croquis.
284	
2.1.6.5 Nivelación de un terreno.....	285
2.1.6.5.1 Introducción.....	285
2.1.6.5.2 Objetivos.....	285
2.1.6.5.3 Alcance.....	285
2.1.6.5.4 Fundamento teórico.....	285
2.1.6.5.5 Equipo utilizado.....	289
2.1.6.5.6 Procedimiento.....	290
2.1.6.5.7 Cálculos.....	294
2.1.6.5.8 Conclusiones.....	298
2.1.6.5.9 Recomendaciones.....	298
2.1.6.5.10.....	Croquis.
299	
2.1.7 Perfiles longitudinales y transversales.....	300
2.1.7.1 Introducción.....	300
2.1.7.2 Objetivos.....	300
2.1.7.3 Alcance.....	300
2.1.7.4 Fundamento teórico.....	300
2.1.7.5 Equipo utilizado.....	304
2.1.7.6 Procedimiento.....	307
2.1.7.7 Cálculos.....	314
2.1.7.8 Conclusiones.....	325
2.1.7.9 Recomendaciones.....	325
2.1.7.10 Croquis.....	326
CAPÍTULO III.....	327
3. TOPOGRAFIA APLICADA	327
3.1 <i>Prácticas de topografía aplicada en campo.</i>	327
3.1.1 Monumentación y toma de puntos de control permanentes con GPS diferencial.	
327	
3.1.1.1 Introducción.....	327

3.1.1.2 Objetivos.	327
3.1.1.3 Alcance.....	327
3.1.1.4 Fundamento teórico.....	328
3.1.1.5 Equipo utilizado.	332
3.1.1.6 Procedimiento.	334
3.1.1.7 Resultados.	342
3.1.1.8 Conclusiones.	343
3.1.1.9 Recomendaciones.....	343
3.1.1.10 Croquis.....	344
3.1.2 Levantamiento topográfico utilizando GPS diferencial.....	345
3.1.2.1 Introducción.	345
3.1.2.2 Objetivos.	345
3.1.2.3 Alcance.....	345
3.1.2.4 Fundamento teórico.....	345
3.1.2.5 Equipo utilizado.	348
3.1.2.6 Procedimiento.	350
3.1.2.7 Resultados.	371
3.1.2.8 Conclusiones.	372
3.1.2.9 Recomendaciones.....	372
3.1.2.10 Croquis.....	373
3.1.3 Levantamiento topográfico por fotografía aérea mediante dron y restitución fotogramétrica.	374
3.1.3.1 Introducción.	374
3.1.3.2 Objetivos.	374
3.1.3.3 Alcance.....	374
3.1.3.4 Fundamento teórico.....	374
3.1.3.5 Equipo utilizado	378
3.1.3.6 Procedimiento.	379
3.1.3.7 Resultados	387
3.1.3.8 Conclusiones.	389
3.1.3.9 Recomendaciones.....	389

3.1.3.10 Croquis.....	390
3.1.4 Replanteo de curvas circulares.....	391
3.1.4.1 Curva circular simple.....	391
3.1.4.1.1 Introducción.....	391
3.1.4.1.2 Objetivos.....	391
3.1.4.1.3 Alcance.....	391
3.1.4.1.4 Fundamento teórico.....	392
3.1.4.1.5 Equipo utilizado.....	397
3.1.4.1.6 Procedimiento.....	399
3.1.4.1.7 Cálculos.....	425
3.1.4.1.8 Conclusiones.....	428
3.1.4.1.9 Recomendaciones.....	428
3.1.4.1.10..... Croquis.	429
3.1.4.2 Curva circular compuesta de 2 radios.....	430
3.1.4.2.1 Introducción.....	430
3.1.4.2.2 Objetivos.....	430
3.1.4.2.3 Alcance.....	430
3.1.4.2.4 Fundamento teórico.....	430
3.1.4.2.5 Equipo utilizado.....	434
3.1.4.2.6 Procedimiento.....	436
3.1.4.2.7 Cálculos.....	466
3.1.4.2.8 Conclusiones.....	473
3.1.4.2.9 Recomendaciones.....	473
3.1.4.2.10..... Croquis.	474
3.1.5 Replanteo de curvas espirales.....	475
3.1.5.1 Introducción.....	475
3.1.5.2 Objetivos.....	475
3.1.5.3 Alcance.....	475
3.1.5.4 Fundamento teórico.....	475

3.1.5.5 Equipo utilizado.	482
3.1.5.6 Procedimiento.	484
3.1.5.7 Cálculos.....	505
3.1.5.8 Conclusiones.	510
3.1.5.9 Recomendaciones.....	510
3.1.5.10 Croquis.....	511
3.1.6 Replanteo de curva espiral – circular – espiral.	512
3.1.6.1 Introducción.	512
3.1.6.2 Objetivos.	512
3.1.6.3 Alcance.....	512
3.1.6.4 Fundamento teórico.....	512
3.1.6.5 Equipo utilizado.	517
3.1.6.6 Procedimiento.	519
3.1.6.7 Cálculos.....	549
3.1.6.8 Conclusiones.	556
3.1.6.9 Recomendaciones.....	556
3.1.6.10 Croquis.....	557
3.1.7 Replanteo de curvas especiales.....	558
3.1.7.1 Curvas inversas.	558
3.1.7.1.1 Introducción.	558
3.1.7.1.2 Objetivos.....	558
3.1.7.1.3 Alcance.	558
3.1.7.1.4 Fundamento teórico.	558
3.1.7.1.5 Equipo utilizado.	562
3.1.7.1.6 Procedimiento.	564
3.1.7.1.7 Conclusiones.....	583
3.1.7.1.8 Recomendaciones.	583
3.1.7.1.9 Croquis.....	584
3.1.7.2 Curva de retorno.	585
3.1.7.2.1 Introducción.	585
3.1.7.2.2 Objetivos.....	585

3.1.7.2.3 Alcance.	585
3.1.7.2.4 Fundamento teórico.	585
3.1.7.2.5 Equipo utilizado.	588
3.1.7.2.6 Procedimiento.	590
3.1.7.2.7 Conclusiones.	606
3.1.7.2.8 Recomendaciones	606
3.1.7.2.9 Croquis.	607
REFERENCIAS	608

Índice de tabla

Tabla 1	Resultados de coordenadas UTM.	17
Tabla 2	Resultados obtenido mediante la hoja de cálculos.	25
Tabla 3	Resultados obtenidos mediante la hoja de cálculos.	26
Tabla 4	Errores de coordenadas.	28
Tabla 5	Tabulación de coordenadas.	37
Tabla 6	Resultado de las distancias medidas en campo.	42
Tabla 7	Resultados de distancias y azimuts.	45
Tabla 8	Resultados de proyecciones.	46
Tabla 9	Resultado de las compensaciones lineales.	48
Tabla 10	Resultado de las coordenadas UTM calculadas.	49
Tabla 11	Tabulaciones.	49
Tabla 12	Sistema de unidades de longitud.	54
Tabla 13	Sistema de unidades angular sexagesimales.	55
Tabla 14	Sistema de unidades angular centesimal.	55
Tabla 15	Ejemplo de coordenadas UTM.	79
Tabla 16	Coordenadas UTM.	98
Tabla 17	Resultado de las diferencias de coordenadas.	99
Tabla 18	Interpretación de las coordenadas.	103
Tabla 19	Diferencia de coordenadas UTM.	121
Tabla 20	Resultado del ángulo horizontal y vertical.	152
Tabla 21	Azimut de entrada.	178
Tabla 22	Resultado de los ángulos internos y las distancias de la poligonal cerrada tomados en campo.	180
Tabla 23	Compensación angular.	183
Tabla 24	Azimut final.	185
Tabla 25	Proyecciones al Norte y Este.	186
Tabla 26	Resultados de la poligonal cerrada.	189
Tabla 27	Coordenadas UTM finales.	190
Tabla 28	Azimut de entrada.	213
Tabla 29	Resultados de los ángulos internos tomados en campo	215

Tabla 30	Azimut de salida.	217
Tabla 31	Ángulos horizontales.	218
Tabla 32	Compensación angular.	221
Tabla 33	Azimut corregido.	221
Tabla 34	Cálculo de las proyecciones.	222
Tabla 35	Correcciones lineales.	225
Tabla 36	Resultados de las coordenadas UTM calculadas de la poligonal abierta.	226
Tabla 37	Resultado coordenadas finales.	227
Tabla 38	Cotas de los puntos representados.	240
Tabla 39	Cotas de la nivelación compuesta.	251
Tabla 40	Tolerancia de nivelación.	257
Tabla 41	Resultados de la contranivelación.	266
Tabla 42	Tolerancia de nivelación.	270
Tabla 43	Compensación acumulada.	280
Tabla 44	Compensación mediante el error método 2.	281
Tabla 45	Tolerancia de nivelación.	287
Tabla 46	Resultados de las cotas de nivelación del terreno.	297
Tabla 47	Tolerancia de nivelación.	301
Tabla 48	Lecturas de las cotas cero.	313
Tabla 49	Resultados de las cotas corregidas.	317
Tabla 50	Cotas de referencia.	318
Tabla 51	Cotas cero 0+000.	319
Tabla 52	Cotas Cero 0+020.	320
Tabla 53	Cotas cero 0+040.	321
Tabla 54	Cotas cero 0+060.	322
Tabla 55	Cotas cero 0+080.	323
Tabla 56	Cotas cero 0+100.	324
Tabla 57	Resultados de los parámetros.	411
Tabla 58	Medición de ángulos y distancias C1.	416
Tabla 59	Resultados de las distancias C1.	422
Tabla 60	Resultados a través de la hoja de Excel.	427

Tabla 61	Resultado de los parámetros de la curva.....	448
Tabla 62	Resultado de las distancias C1.....	451
Tabla 63	Resultados de las distancias C1.	457
Tabla 64	Resultados de las distancias C1 de la segunda curva circular simple.....	460
Tabla 65	Resultado de las distancias C2.....	463
Tabla 66	Resultados de la segunda curva de la distancia C1.....	470
Tabla 67	Resultados de los parámetros de la segunda curva circular simple.	471
Tabla 68	Valores para el replanteo de la curva.	471
Tabla 69	Resultados de las distancias C1 de la primera curva circular simple.	471
Tabla 70	Valores mínimo recomendables de la longitud de la espiral.	476
Tabla 71	Parámetros de la curva espiral.	496
Tabla 72	Resultados de las coordenadas X Y.....	498
Tabla 74	Resultado de las coordenadas X Y.....	509
Tabla 75	Parámetros de la curva espiral.	530
Tabla 76	Coordenadas X Y.....	533
Tabla 77	Resultado de los parámetros de la curva simple.	541
Tabla 78	Resultado de distancia C1.....	541
Tabla 79	Resultado de las distancias C1.....	545
Tabla 80	Resultado de las coordenadas X Y.....	552
Tabla 81	Resultado de las distancias C1.....	555
Tabla 82	Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios.....	560
Tabla 83	Ángulos horizontales.	577
Tabla 84	Ángulos de giro.....	580
Tabla 85	Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios.....	587
Tabla 86	Ángulos de horizontales cada 20°.....	602

Índice de figuras

Figura 1	Identificación del cuadrante.	10
Figura 2	Proyecciones.....	12
Figura 3	Identificación de los equipos y materiales.	14
Figura 4	Aplicación UTM GEO MAP.....	15
Figura 5	Numero de satélites.	16
Figura 6	Resultados de coordenadas UTM.....	17
Figura 7	Nivelación entre dos puntos.	18
Figura 8	Alineación entre dos puntos.	19
Figura 9	Brújula.	20
Figura 10	Toma de azimuth.	21
Figura 11	Azimuth 0°.	21
Figura 12	Resultado del azimuth.	23
Figura 13	Resultado del rumbo 1.....	23
Figura 14	Resultado del azimuth.	24
Figura 15	Resultado del rumbo 2.....	24
Figura 16	Proyecciones.....	26
Figura 17	Ubicación de la toma de azimuth, rumbo y distancias.	30
Figura 18	Representación de los puntos en el Software Civil 3D.	30
Figura 19	Poligonal cerrada.	33
Figura 20	Poligonal abierta.....	33
Figura 21	Área de un polígono.	35
Figura 22	Identificación de los equipos y materiales.	39
Figura 23	Punto geodésico GPS-2.	40
Figura 24	Punto materializado.....	40
Figura 25	Nivelación entre dos puntos del levantamiento topográfico.	41
Figura 26	Alineación entre dos puntos del levantamiento topográfico.	42
Figura 27	Brújula.	43
Figura 28	Toma de azimuth.	44
Figura 29	Representación de los puntos en el software Civil 3D.....	45
Figura 30	Representación de los puntos en el Software Civil 3D.	50

Figura 31	Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.	52
Figura 32	Representación de las coordenadas	52
Figura 33	Partes de la estación total Focus 2.....	56
Figura 34	Identificación de las herramientas.	59
Figura 35	Punto de control GPS-2.....	60
Figura 36	Manipulación del trípode.....	61
Figura 37	Plantada del trípode.	61
Figura 38	Fijar y presionar el trípode.	62
Figura 39	Identificación de la tarjeta SD.	62
Figura 40	Colocación de la estación total.	63
Figura 41	Visualización del punto de control.	64
Figura 42	Centrado del equipo.....	64
Figura 43	Localización de los tornillos.....	65
Figura 44	Nivelación del equipo.....	66
Figura 45	Visualización mediante la plomada óptica.	66
Figura 46	Ubicación del norte magnético.....	67
Figura 47	Encender el equipo	67
Figura 48	Opción menú.	68
Figura 49	Opción formatear el equipo.	68
Figura 50	Inicializando el equipo.	69
Figura 51	Punto de partida mediante un punto conocido.	69
Figura 52	Angulo de referencia.	70
Figura 53	Nomenclatura del punto de partida.	70
Figura 54	Medición de la altura instrumental.	71
Figura 55	Introducción de las coordenadas UTM.	71
Figura 56	Norte magnético.	72
Figura 57	GrabDatsESTACIO!	72
Figura 58	GrabDatosCrudos!.....	73
Figura 59	Medición de la altura del prisma AO.	73
Figura 60	Introducir la altura del prisma.	74
Figura 61	Toma de azimut al Este.	74

Figura 62	Toma de azimut al Oeste.	75
Figura 63	Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.	77
Figura 64	Representación de la práctica.	80
Figura 65	Identificación de los equipos.	85
Figura 66	Punto de control GPS-1.	86
Figura 67	Manipulación del trípode.	86
Figura 68	Estabilizar el trípode.	87
Figura 69	Presionar las patas metálicas del trípode.	87
Figura 70	Identificación de la tarjeta SD.	88
Figura 71	Ajustar la estación total.	88
Figura 72	Aplomar el equipo.	89
Figura 73	Centrar el equipo.	90
Figura 74	Identificación de los tornillos de nivelación.	91
Figura 75	Nivelación del equipo.	91
Figura 76	Verificar aplomada del equipo.	92
Figura 77	Encender el equipo.	92
Figura 78	Punto de partida.	93
Figura 79	Medición a partir de coordenadas.	93
Figura 80	Nomenclatura del punto de partida.	94
Figura 81	Coordenadas UTM.	94
Figura 82	Selección de medición.	95
Figura 83	Altura del prisma.	95
Figura 84	Coordenadas UTM del punto geodésico.	96
Figura 85	GrabDatsESTACIO!	97
Figura 86	GrabDatosCrudos!	97
Figura 87	Resultados de enlace.	98
Figura 88	Ubicación de los puntos geodésicos.	100
Figura 89	Representación del método de la trisección.	103
Figura 90	Identificación de los equipos.	107
Figura 91	Manipulación del trípode.	108
Figura 92	Fijar el trípode.	108

Figura 93	Plantada del trípode.	109
Figura 94	Identificación de la tarjeta SD.	109
Figura 95	Colocación de la estación total.	110
Figura 96	Centrado del equipo.	111
Figura 97	Identificación de los tornillos de nivelación.	112
Figura 98	Nivelación del equipo.	112
Figura 99	Encender el equipo.	113
Figura 100	Opción de menú.	113
Figura 101	Opción de formatear.	114
Figura 102	Opción de inicializando.	114
Figura 103	Método de medición (Resección).	115
Figura 104	Altura instrumental.	115
Figura 105	Coordenadas UTM del punto geodésico GPS-2.	116
Figura 106	Visualización a los puntos geodésicos.	116
Figura 107	Primer punto a visar.	117
Figura 108	Resultado de la distancia al punto GPS 2.	117
Figura 109	Datos del segundo punto a visar.	118
Figura 110	Coordenadas del segundo punto geodésico GPS-1.	118
Figura 111	Resultados del segundo punto a visar.	119
Figura 112	Resultados del método de la trisección.	119
Figura 113	Resultados de las coordenadas UTM donde se encuentra ubicado el equipo. ..	120
Figura 114	Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.	122
Figura 115	Interpretación de ángulos horizontales.	125
Figura 116	Interpretación de los ángulos verticales.	126
Figura 117	Identificación de los ángulos verticales Z1 y Z2.	126
Figura 118	Interpretación de los cuadrantes de medición del rumbo.	127
Figura 119	Interpretación de las ondas luminosas.	128
Figura 120	Medición de distancias con distanciómetro electrónico.	129
Figura 121	Nivelación trigonométrica.	130
Figura 122	Identificación de los equipos.	134
Figura 123	Punto geodésico GPS-2.	135

Figura 124	Manipulación del trípode.....	135
Figura 125	Fijar el trípode.	136
Figura 126	Fijar el trípode.	136
Figura 127	Identificar la tarjeta SD.	137
Figura 128	Plantada del equipo.	137
Figura 129	Centrado mediante la plomada óptica.	138
Figura 130	Centrado del equipo.....	139
Figura 131	Ubicación de los tornillos de nivelación.	140
Figura 132	Nivelación del equipo.....	140
Figura 133	Centrado mediante la plomada óptica.	141
Figura 134	Ubicación del norte magnético.....	141
Figura 135	Encender el equipo.	142
Figura 136	Opción menú para formatear el equipo.	142
Figura 137	Opción de formatear.....	143
Figura 138	Inicializando el equipo.	143
Figura 139	Opción de medición.....	144
Figura 140	Mediante un punto conocido.	144
Figura 141	Mediante un ángulo de referencia.	145
Figura 142	Nomenclatura del punto donde se encuentra plantado el equipo.	145
Figura 143	Medición de la altura instrumental.	146
Figura 144	Coordenadas UTM.	146
Figura 145	Medición mediante el norte magnético.	147
Figura 146	Digitar el norte magnético a 0°.	147
Figura 147	Medición de la altura del prisma AO.	148
Figura 148	Digitar la altura del prisma.	148
Figura 149	Equipo georreferenciado.	149
Figura 150	Visualización al punto representado.....	150
Figura 151	Resultado del Azimut.	150
Figura 152	Resultado de la distancia horizontal y vertical.	151
Figura 153	Resultado de la pendiente y cota.	151
Figura 154	Resultado de las coordenadas UTM.....	151

Figura 155	Medición del ángulo vertical.	153
Figura 156	Medición del ángulo horizontal.	153
Figura 157	Ubicación de los puntos representados.	155
Figura 158	Poligonal cerrada.	157
Figura 159	Ley de propagación.	160
Figura 160	Deducción de los ángulos.	160
Figura 161	Identificación de los equipos.	165
Figura 162	Punto de control.	166
Figura 163	Manipulación del trípode.	166
Figura 164	Fijar el trípode.	167
Figura 165	Identificación de los tornillos de nivelación.	168
Figura 166	Plantada del equipo.	168
Figura 167	Centrado del equipo.	169
Figura 168	Representación de los tornillos de nivelación.	170
Figura 169	Nivelación del equipo.	170
Figura 170	Ubicación del norte magnético.	171
Figura 171	Encender el equipo.	171
Figura 172	Opción del menú.	172
Figura 173	Formatear el equipo.	172
Figura 174	Inicializando el equipo.	173
Figura 175	Opción del menú.	173
Figura 176	Medición mediante un ángulo de referencia.	174
Figura 177	Datos del punto donde se encuentra ubicado el equipo.	174
Figura 178	Medición de la altura instrumental.	175
Figura 179	Coordenadas UTM.	175
Figura 180	Angulo de referencia.	176
Figura 181	Medición de la altura del prisma.	176
Figura 182	Equipo georreferenciado.	177
Figura 183	Resultado del azimut de entrada.	178
Figura 184	Angulo interno en el punto B.	179
Figura 185	Angulo interno del punto C.	180

Figura 186	Ubicación de los puntos de la poligonal cerrada.	192
Figura 187	Poligonal abierta.	194
Figura 188	Ley de propagaciones.	196
Figura 189	Interpretación de los ángulos.	196
Figura 190	Identificación de los equipos.	201
Figura 191	Punto de control.	202
Figura 192	Manipulación del trípode.	202
Figura 193	Fijar el trípode.	203
Figura 194	Identificación de los tornillos de nivelación.	203
Figura 195	Plantada del equipo.	204
Figura 196	Centrado mediante la plomada óptica.	205
Figura 197	Centrado del equipo.	205
Figura 198	Identificación de los tornillos de nivelación.	206
Figura 199	Nivelación del equipo.	206
Figura 200	Ubicación del norte magnético.	207
Figura 201	Encender el equipo y la opción menú.	208
Figura 202	Formatear el equipo.	208
Figura 203	Inicializando el equipo.	208
Figura 204	Punto de partida.	209
Figura 205	Opción de medición.	209
Figura 206	Altura instrumental.	210
Figura 207	Coordenadas UTM.	210
Figura 208	Ángulo de referencia al norte magnético.	211
Figura 209	Introducir la altura del prisma.	211
Figura 210	Equipo georreferenciado.	212
Figura 211	Azimut de entrada.	213
Figura 212	Angulo interno del punto B.	214
Figura 213	Angulo interno del punto 1.	215
Figura 214	Azimut de salida.	216
Figura 215	Ubicación de los puntos representados en la poligonal abierta.	228
Figura 216	Nivelación.	230

Figura 217	Partes del nivel.	231
Figura 218	Nivelación simple.....	232
Figura 219	Identificar los equipos.	235
Figura 220	Punto geodésico o BM.	236
Figura 221	Manipulación del trípode.....	236
Figura 222	Plantada del nivel topográfico.	237
Figura 223	Equipo centrado.....	237
Figura 224	Punto geodésico o BM.	238
Figura 225	Equipo listo para las lecturas.....	238
Figura 226	Ubicación del BM.	242
Figura 227	Nivelación compuesta.	244
Figura 228	Identificar los equipos.	245
Figura 229	Punto geodésico o BM.	246
Figura 230	Manipulación del trípode.....	246
Figura 231	Montaje del nivel.....	247
Figura 232	Centrado del equipo.....	248
Figura 233	Visualización al BM.....	248
Figura 234	Ubicación del BM.	254
Figura 235	Interpretación de la contranivelación.	256
Figura 236	Identificación de los equipos.....	259
Figura 237	Ubicación del BM.	260
Figura 238	Plantada del trípode.	260
Figura 239	Colocación del nivel en el trípode.....	261
Figura 240	Plantada del nivel topográfico.....	262
Figura 241	Visualización al BM.....	262
Figura 242	Visualización a los puntos representados para la toma de sus lecturas.....	263
Figura 243	Ubicación del BM.	268
Figura 244	Identificación de los equipos.....	272
Figura 245	Punto de control.....	273
Figura 246	Manipulación del trípode.....	274
Figura 247	Centrado del equipo.....	275

Figura 248	Punto de control o BM.	276
Figura 249	Ubicación del BM.	284
Figura 250	Representación de la nivelación del terreno.	287
Figura 251	Identificación de los equipos.	289
Figura 252	Punto geodésico o BM.	290
Figura 253	Manipulación del trípode.	291
Figura 254	Montaje del nivel topográfico.	291
Figura 255	Plantada del equipo.	292
Figura 256	Punto geodésico o BM.	292
Figura 257	Ubicación del BM.	299
Figura 258	Representación del perfil longitudinal.	302
Figura 259	Representación de la sección transversal.	303
Figura 260	Identificación de los equipos.	306
Figura 261	Punto geodésico o BM.	307
Figura 262	Manipulación del trípode.	308
Figura 263	Puesta del nivel topográfico.	309
Figura 264	Plantada del equipo.	310
Figura 265	Visualización del equipo con la plomada.	311
Figura 266	Centrado del equipo.	311
Figura 267	Medición de la altura instrumental.	312
Figura 268	Medición del ángulo horizontal.	313
Figura 269	Representación del perfil longitudinal mediante las cotas de referencia.	318
Figura 270	Sección transversal 0+000.	319
Figura 271	Sección transversal 0+020.	320
Figura 272	Sección transversal 0+040.	321
Figura 273	Sección transversal 0+060.	322
Figura 274	Sección transversal 0+080.	323
Figura 275	Sección transversal 0+100.	324
Figura 276	Ubicación del BM.	326
Figura 277	Mapa de la Red GNSS.	329
Figura 278	Red Activa.	330

Figura 279	Partes del receptor.	331
Figura 280	Identificación de los equipos.	333
Figura 281	Punto geodésico GPS-4.	334
Figura 282	Manipulación del trípode.	334
Figura 283	Plantada del trípode en el punto geodésico.	335
Figura 284	Colocación del adaptador de altura.	335
Figura 285	Plomada óptica.	336
Figura 286	Centrado del equipo.	336
Figura 287	Ubicación de los tornillos.	337
Figura 288	Nivelación del equipo.	337
Figura 289	Colocación de la barra al receptor.	338
Figura 290	Ajuste de la barra.	338
Figura 291	Conexión de externa de la batería.	339
Figura 292	Ubicación de pinzas.	339
Figura 293	Equipo listo para receptar datos.	340
Figura 294	Encender el equipo.	340
Figura 295	Altura inclinada del equipo.	341
Figura 296	Equipo receptando datos.	341
Figura 297	Ubicación del punto geodésico GPS-4.	344
Figura 298	Partes del equipo.	347
Figura 299	Identificación de los equipos.	349
Figura 300	Punto geodésico.	350
Figura 301	Conexiones externas del receptor.	350
Figura 302	Presionar las patas metálicas.	351
Figura 303	Colocación de la base de extensión de altura.	351
Figura 304	Centrado mediante la plomada óptica.	352
Figura 305	Centrado del equipo.	352
Figura 306	Identificación de los tornillos de nivelación.	353
Figura 307	Nivelación del equipo.	353
Figura 308	Colocación de la antena.	354
Figura 309	Ajuste del base.	354

Figura 310	Conexión de la batería externa.	355
Figura 311	Ubicación de pinzas.....	355
Figura 312	Plantada del equipo.	356
Figura 313	Encender el equipo GNSS.	356
Figura 314	Medición de altura inclinada.	357
Figura 315	Insertar Rover en el bastón.....	357
Figura 316	Número de serie de la Base.	358
Figura 317	Número de serie del Rover.....	358
Figura 318	Nombre de la aplicación de la configuración del GNSS.....	359
Figura 319	Aplicación Survey Master	359
Figura 320	Inicio de la aplicación.....	360
Figura 321	Paso 1.	360
Figura 322	Nombre del proyecto a realizar.	361
Figura 323	Paso 2.	361
Figura 324	Conexión a la Base.	362
Figura 325	Seleccionar el número de serie de la Base	362
Figura 326	Paso 3.	363
Figura 327	Seleccionar la Base.....	363
Figura 328	Método RTKBASE.	364
Figura 329	Datos de la Base.	364
Figura 330	Configuración de la base exitoso.....	365
Figura 331	Paso 4.	365
Figura 332	Desconectar la Base.....	366
Figura 333	Conexión al Rover, paso 2.	366
Figura 334	Paso 3 RTK.	367
Figura 335	Seleccionar Rover.....	367
Figura 336	RTKROVER.	368
Figura 337	Configuración del Rover exitoso.....	368
Figura 338	Stop and Go.	369
Figura 339	Levantamiento topográfico - Croquis.....	369
Figura 340	Levantamiento topográfico.....	370

Figura 341	Resultado de exportar los datos.....	370
Figura 342	Ubicación del levantamiento topográfico mediante el GNSS.....	373
Figura 343	Identificación de los equipos.....	378
Figura 344	Dron Phantom 4 Pro V2.	379
Figura 345	Colocar las hélices del equipo.	379
Figura 346	Batería.	380
Figura 347	Introducir la batería en el equipo.....	380
Figura 348	Encender el equipo.	380
Figura 349	Introducir el cable USB del móvil al control.	381
Figura 350	Control conectado al móvil.	381
Figura 351	Aplicación del equipo Ctrl+DJI.	382
Figura 352	Aplicación abierta del móvil.	382
Figura 353	Plan de vuelo.	383
Figura 354	Selección de la primera área.....	383
Figura 355	Chequeo correctamente realizado.	384
Figura 356	Elevación del dron.....	384
Figura 357	Medición en una dirección.	385
Figura 358	Medición en otra dirección.....	385
Figura 359	Selección de la segunda área.	386
Figura 360	Medición en una dirección.	386
Figura 361	Medición en la otra dirección.	386
Figura 362	Ubicación del levantamiento topográfico mediante el Dron.....	390
Figura 363	Elementos que conforman la curva simple.....	393
Figura 364	Elementos de los puntos que forman la curva.	395
Figura 365	Identificación de los equipos.....	398
Figura 366	Representación de los puntos fijos.	399
Figura 367	Manipulación del trípode.....	399
Figura 368	Fijar el trípode.	400
Figura 369	Estabilizar el trípode.....	400
Figura 370	Colocar el equipo en la base del trípode.....	401
Figura 371	Centrar el equipo.	402

Figura 372	Identificar los tornillos de nivelación.	403
Figura 373	Nivelación del equipo.	403
Figura 374	Encender el equipo.	404
Figura 375	Punto de partida.	404
Figura 376	Medir altura instrumental.	405
Figura 377	Digitar la altura instrumental.	405
Figura 378	Coordenadas cero.	406
Figura 379	Angulo de referencia.	406
Figura 380	Medir altura del prisma.	407
Figura 381	Digitar la altura del prisma.	407
Figura 382	Angulo de referencia igual a 0°.	408
Figura 383	Guardar.	408
Figura 384	GrabDatsESTACIO!	409
Figura 385	GrabDatosCrudos!	409
Figura 386	Angulo de deflexión.	410
Figura 387	Representación de la medición del ángulo de deflexión.	410
Figura 388	Alineación de la tangente.	412
Figura 389	Medición de la tangente.	412
Figura 390	Representación de las tangentes.	413
Figura 391	Alineación de la distancia externa.	414
Figura 392	Medición de la distancia externa.	414
Figura 393	Alineación de la ordenada media.	414
Figura 394	Medición de la ordenada media.	415
Figura 395	Representación de la alineación en campo.	415
Figura 396	Angulo de referencia igual a 0°.	416
Figura 397	Girar a un ángulo de deflexión de 2°.	417
Figura 398	Alineación de la distancia C1.	417
Figura 399	Medición de la distancia 2.932 m.	417
Figura 400	Girar a un ángulo de deflexión de 4°.	418
Figura 401	Medición de la distancia 5.865 m.	418
Figura 402	Girar a un ángulo de deflexión de 6°.	419

Figura 403	Medición de la distancia 8.811 m.....	419
Figura 404	Girar a un ángulo de deflexión de 8°.....	419
Figura 405	Medición de la distancia 11.804 m.....	420
Figura 406	Girar a un ángulo de deflexión de 10°.....	420
Figura 407	Medición de la distancia 14.922 m.....	420
Figura 408	Girar a un ángulo de deflexión de 12°.....	421
Figura 409	Medición de la distancia 18.349 m.....	421
Figura 410	Replanteo de la curva circular simple lado izquierdo.	423
Figura 411	Replanteo de la curva circular simple lado derecho.....	424
Figura 412	Ubicación del replanteo de la curva circular simple.	429
Figura 413	Elementos que conforman la curva circular compuesta por dos radios.	431
Figura 414	Identificación de los equipos.....	435
Figura 415	Representación de los puntos fijos.	436
Figura 416	Manipulación del trípode.....	436
Figura 417	Fijar el trípode.	437
Figura 418	Estabilizar el trípode.....	437
Figura 419	Colocación del equipo en la base del trípode.	438
Figura 420	Centrar el equipo.	439
Figura 421	Identificación de los tornillos de nivelación.....	440
Figura 422	Nivelación del equipo.....	440
Figura 423	Encender el equipo.	441
Figura 424	Punto de partida conocida.	441
Figura 425	Medición de la altura instrumental.....	442
Figura 426	Nomenclatura del punto de partida.	442
Figura 427	Coordenadas de partida cero.	443
Figura 428	Mediante un ángulo de referencia.	443
Figura 429	Medición de la altura instrumental.....	444
Figura 430	Angulo de referencia igual a 0°.....	445
Figura 431	Guardar.....	445
Figura 432	GrabDatsESTACIO!	446
Figura 433	GrabDatosCrudos!.....	446

Figura 434	Angulo de deflexión.	447
Figura 435	Representación de la medición del ángulo deflexión.	447
Figura 436	Representación de la tangente larga.	449
Figura 437	Representación de los puntos T1 y T2.	450
Figura 438	Angulo de referencia al punto PI.	451
Figura 439	Girar a un ángulo deflexión a 2°.	452
Figura 440	Medición de la distancia de 3.141 m.	452
Figura 441	Alineación de la distancia C1.	452
Figura 442	Girar a un ángulo deflexión a 4°.	453
Figura 443	Medición de la distancia de 6.288 m.	453
Figura 444	Girar a un ángulo deflexión a 6°.	454
Figura 445	Medición de la distancia de 9.473 m.	454
Figura 446	Girar a un ángulo deflexión a 8°.	455
Figura 447	Medición de la distancia de 12.852 m.	455
Figura 448	Representación del punto PCC.	456
Figura 449	Girar a un ángulo deflexión a 358°.	457
Figura 450	Girar a un ángulo deflexión a 356°.	457
Figura 451	Girar a un ángulo deflexión a 354°.	458
Figura 452	Girar a un ángulo deflexión a 352°.	458
Figura 453	Representación de la primera curva simple.	459
Figura 454	Replanteo de la primera curva simple en campo.	459
Figura 455	Girar a un ángulo deflexión a 2°.	460
Figura 456	Medición de la distancia de 4.887 m.	461
Figura 457	Girar a un ángulo deflexión a 4°.	461
Figura 458	Medición de la distancia de 9.779 m.	461
Figura 459	Girar a un ángulo deflexión a 6°.	462
Figura 460	Medición de la distancia de 14.719 m.	462
Figura 461	Girar a un ángulo deflexión a 8°.	462
Figura 462	Medición de la distancia de 19.685 m.	463
Figura 463	Replanteo de la segunda curva circular simple.	464
Figura 464	Replanteo de la curva circular compuesta por dos radios.	465

Figura 465	Ubicación del replanteo de la curva circular compuesta por dos radios.	474
Figura 466	Representación del comportamiento del vehículo.....	477
Figura 467	Elementos de la curva espiral.	478
Figura 468	Identificación de los equipos.	483
Figura 469	Representación de los puntos fijos.	484
Figura 470	Manipulación del trípode.....	484
Figura 471	Fijar el trípode.	485
Figura 472	Estabilizar el trípode.....	485
Figura 473	Colocar el equipo y en la base del trípode.....	486
Figura 474	Centrar el equipo.	487
Figura 475	Identificación de los tornillos de nivelación.....	487
Figura 476	Nivelación del equipo.....	488
Figura 477	Encender el equipo.	488
Figura 478	Punto de partida.....	489
Figura 479	Medición de altura instrumental.....	490
Figura 480	Digitar la altura instrumental.....	490
Figura 481	Coordenadas cero.	491
Figura 482	Angulo de referencia.	491
Figura 483	Medición de la altura del prisma.	492
Figura 484	Angulo de referencia de 0°.	493
Figura 485	Guardar.	493
Figura 486	GrabDatsESTACIO!	493
Figura 487	GrabDatosCrudos!.....	494
Figura 488	Angulo de deflexión.	494
Figura 489	Representación de la medición del ángulo deflexión.....	495
Figura 490	Distancia de Te.....	497
Figura 491	Alineación al PI.	498
Figura 492	Medición de la distancia X1 de 9.999 m.	499
Figura 493	Medición de la distancia X2 de 19.974 m.	499
Figura 494	Medición de la distancia X3 de 29.799 m.	499
Figura 495	Medición de la distancia X4 de 39.163 m.	500

Figura 496	Medición de la distancia X5 de 47.480 m.	500
Figura 497	Medición de la distancia 1 de 0.095 m.	501
Figura 498	Medición de la distancia Y2 de 0.766 m.	501
Figura 499	Medición de la distancia Y3 de 2.574	502
Figura 500	Medición de la distancia Y4 de 6.037 m.	502
Figura 501	Medición de la distancia Y5 de 11.525 m.	502
Figura 502	Medición de la distancia Ye.	503
Figura 503	Medición de la distancia 0.063 m.....	504
Figura 504	Alineación.	504
Figura 505	Ubicación del replanteo de la curva espiral.....	511
Figura 506	Elementos que conforman la curva espiral-circular-espiral.	513
Figura 507	Identificación de los equipos.	518
Figura 508	Representación de los puntos fijos.	519
Figura 509	Manipulación del trípode.....	519
Figura 510	Fijar el trípode.	520
Figura 511	Estabilizar el trípode.....	520
Figura 512	Colocación del equipo en la base del trípode.	521
Figura 513	Centrado del equipo.....	522
Figura 514	Identificación de los tornillos de nivelación.....	522
Figura 515	Nivelación del equipo.....	523
Figura 516	Encender el equipo.	523
Figura 517	Punto de partida.....	524
Figura 518	Medición de la altura instrumental.	525
Figura 519	Angulo de referencia.	525
Figura 520	Medición de la altura del prisma.	526
Figura 521	Angulo de referencia igual a cero.....	527
Figura 522	Guardar.	527
Figura 523	GrabDatsESTACIO!	527
Figura 524	GrabDatosCrudos!.....	528
Figura 525	Representación del ángulo de deflexión.....	528
Figura 526	Angulo de deflexión.	529

Figura 527	Distancia de la tangente espiral T_e	531
Figura 528	Distancia de la tangente espiral y el ángulo de deflexión.	531
Figura 529	Distancia SD	532
Figura 530	Alineación.	533
Figura 531	Distancia de la tangente larga TL	534
Figura 532	Medición de la distancia X_1 de 9.999 m.	534
Figura 533	Medición de la distancia X_2 de 19.991 m.	534
Figura 534	Medición de la distancia X_3 de 29.931 m.	535
Figura 535	Medición de la distancia X_4 de 39.710 m.	535
Figura 536	Medición de la distancia X_5 de 49.118 m.	535
Figura 537	Ángulo a 90°	536
Figura 538	Medición de la distancia Y_1 de 0.056 m.	536
Figura 539	Medición de la distancia Y_2 de 0.449 m.	537
Figura 540	Medición de la distancia Y_3 de 1.516 m.	537
Figura 541	Medición de la distancia Y_4 de 3.580 m.	538
Figura 542	Medición de la distancia Y_5 de 6.939 m.	538
Figura 543	Distancia Y_e de 7.600 m.	539
Figura 544	Resultado de la distancia T_c de 17.715 m.	539
Figura 545	Representación del punto PI_1	540
Figura 546	Medición de C_1 de 3.979 m.	542
Figura 547	Medición de C_1 de 7.961 m.	543
Figura 548	Medición de C_1 de 11.968 m.	543
Figura 549	Medición de C_1 de 16.068 m.	544
Figura 550	Medición de C_1 de 20.456 m.	544
Figura 551	Medición de C_1 de 25.726 m.	544
Figura 552	Replanteo de la curva espiral.....	546
Figura 553	Replanteo de la curva circular simple.	547
Figura 554	Replanteo de la curva espiral.....	548
Figura 555	Ubicación del replanteo de la curva espiral-circular-espiral.	557
Figura 556	Curva inversa.....	559
Figura 557	Semirremolques intermedio.	560

Figura 558	Radio de giro mínimo.....	561
Figura 559	Identificación de los equipos.....	563
Figura 560	Representación de los puntos fijos.....	564
Figura 561	Manipulación del trípode.....	564
Figura 562	Fijar el trípode.....	565
Figura 563	Estabilizar el trípode.....	565
Figura 564	Colocación del equipo en la base del trípode.....	566
Figura 565	Centrar el equipo.....	567
Figura 566	Nivelación del equipo.....	568
Figura 567	Encender el equipo.....	568
Figura 568	Punto de partida.....	569
Figura 569	Medición de la altura instrumental.....	570
Figura 570	Angulo de referencia.....	570
Figura 571	Medir la altura del prisma.....	571
Figura 572	Angulo de referencia de 0°.....	572
Figura 573	Digitar la altura del prisma.....	572
Figura 574	Guardar.....	572
Figura 575	Equipo referenciado.....	573
Figura 576	Girar a 270°.....	574
Figura 577	Radio de giro mínimo de 13.967.....	574
Figura 578	Girar a 90°.....	575
Figura 579	Alineación del radio de giro.....	575
Figura 580	Radio de giro mínimo de 13.371 m.....	575
Figura 581	Representación gráfica.....	576
Figura 582	Angulo horizontal de 15°.....	577
Figura 583	Angulo horizontal de 30°.....	577
Figura 584	Ángulo horizontal de 45°.....	578
Figura 585	Ángulo horizontal de 60°.....	578
Figura 586	Ángulo horizontal de 75°.....	578
Figura 587	Ángulo horizontal de 90°.....	579
Figura 588	Radio de giro mínimo.....	579

Figura 589	Radio de giro mínimo acumulado.	579
Figura 590	Representación gráfica de la curva de retorno.	580
Figura 591	Representación de la curva inversa.	581
Figura 592	Replanteo de la curva inversa.	582
Figura 593	Ubicación del replanteo de la curva inversa.	584
Figura 594	Representación de la curva de retorno.	586
Figura 595	Identificación de los equipos.	589
Figura 596	Representación de los puntos fijos.	590
Figura 597	Manipulación del trípode.	590
Figura 598	Fijar el trípode.	591
Figura 599	Estabilizar el trípode.	591
Figura 600	Colocar el equipo en la base del trípode.	592
Figura 601	Centrar el equipo.	593
Figura 602	Nivelación del equipo.	594
Figura 603	Encender el equipo.	594
Figura 604	Punto de partida.	595
Figura 605	Medir altura instrumental.	596
Figura 606	Angulo de referencia.	596
Figura 607	Medir la altura del prisma.	597
Figura 608	Angulo de referencia de 0.	598
Figura 609	Referenciado el equipo.	598
Figura 610	Representación gráfica.	599
Figura 611	Ángulo de giro de 270°.	599
Figura 612	Representación de los puntos fijos.	600
Figura 613	Grafica de los puntos fijos y el radio de giro.	601
Figura 614	Ángulo de giro de 20°.	601
Figura 615	Radio de giro mínimo.	601
Figura 616	Ángulo de giro de 40°.	602
Figura 617	Ángulo de giro de 60°.	603
Figura 618	Ángulo de giro de 80°.	603
Figura 619	Ángulo de giro de 100°.	603

Figura 620	Ángulo de giro de 120°	604
Figura 621	Ángulo de giro de 140°	604
Figura 622	Ángulo de giro de 160°	604
Figura 623	Representación de la curva de retorno.	605
Figura 624	Replanteo de la curva de retorno.	605
Figura 625	Ubicación del replanteo de la curva de retorno.	607

Resumen

En el presente trabajo de titulación denominado “Manual de prácticas de topografía básica y aplicada de la Universidad Politécnica Salesiana” tiene la finalidad de ser una guía para la realización de las prácticas de topografía básica y aplicada, mediante métodos empleados, manejo de equipos y herramientas, que garanticen la ejecución, sustentando los conocimientos adquiridos en clases de la asignatura de Topografía básica y aplicada de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana.

El manual constará con una recopilación de información para el desarrollo de cada práctica, cumpliendo con las tolerancias y aplicando la normativa de diseño vigente MOP, además de utilizar los equipos del laboratorio de topografía que se encuentran correctamente calibrados.

El desarrollo del manual se sustentó con los resultados obtenidos en la realización de cada práctica ejecutada en campo donde la tolerancia es mayor al error, los valores de diseño son mayores a los valores mínimos de diseño; tanto en el resultado de mediciones de distancias, azimuth, rumbo y direcciones, las poligonales, las nivelaciones geométricas, los levantamientos topográficos, la restituciones fotogramétricas y en el replanteo de las diferentes curvas, cumpliendo con los parámetros de precisión, se logró describir principalmente el procedimiento de la práctica realizada y explicar el manejo de cada equipo utilizado.

Como un aporte esencial en la asignatura de topografía básica y aplicada, a los estudiantes se les proporcionará la oportunidad de familiarizarse con los equipos y herramientas que son utilizados en las prácticas con su respectiva guía de empleo o uso.

PALABRAS CLAVES

Topografía/ tolerancia y precisión/ diseño/ mediciones/ errores/ MOP/ ángulo de deflexión/ práctica.

Abstract

In the present degree work called "Manual of practices of basic and applied topography of the Salesian Polytechnic University" it has the purpose of being a guide for the realization of the practices of basic and applied topography, by means of methods used, handling of equipment and tools, that guarantee the execution, supporting the knowledge acquired in classes of the subject of Basic and Applied Topography of the Civil Engineering Career of the Salesian Polytechnic University.

The manual will consist of a compilation of information for the development of each practice, complying with the tolerances and applying the current MOP design regulations, in addition to using the surveying laboratory equipment that is correctly calibrated.

The development of the manual was supported by the results obtained in the realization of each practice executed in the field where the tolerance is greater than the error, the design values are greater than the minimum design values; both in the result of measurements of distances, azimuth, bearing and directions, the polygonals, geometric levelings, topographic surveys, photogrammetric restitutions and in the stake out of the different curves, complying with the precision parameters, it was possible to mainly describe the procedure of the practice carried out and explain the handling of each equipment used.

As an essential contribution in the subject of basic and applied topography, students will be provided the opportunity to become familiar with the equipment and tools that are used in the practices with their respective employment or use guide.

KEYWORDS

Topography / tolerance and precision / design / measurements / errors / MOP / angle of deflection / practice.

CAPÍTULO I

1. ANTESCENDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

La topografía es de mayor importancia en la ingeniería civil ya que es el pilar fundamental para la construcción, y a su vez, la tecnología ha evolucionado con el transcurso de los años; para garantizar el desarrollo de proyectos, cumplir con las necesidades de los usuarios y presten un buen servicio con eficacia y eficiencia.

Las características del terreno son de mayor importancia en una obra civil, ya que debemos contar con los parámetros que intervienen en un diseño. Un terreno puede tener pendientes altas y bajas, por lo que será diferenciado si el terreno es de topografía llano, topografía ondulada y topografía montañosa.

En la ingeniería civil la topografía es la variable clave para comenzar un proyecto, ya que constara de precisión en caso de las distancias, elevaciones y direcciones, a su vez no existe medición exacta ya que es la precisión del topógrafo que brindara un mejor resultado.

Por tal motivo, el manual de prácticas de topografía básica y aplicada de la universidad politécnica salesiana pretende incrementar el proceso de enseñanza aprendizaje y brindar al estudiante el material de apoyo necesario para desarrollar y guiar las prácticas en campo, además de ser una ayuda pedagógica para el docente de la materia.

1.2 Antecedentes

En los tiempos de TALES DE MILENO y ANAXIMANDRO dio origen a las primeras cartas geográficas, desarrollando en Europa los trabajos topográficos con bases en las cartas planas. En el siglo XIII se dio a conocer la aplicación de la brújula y de los avances de la astronomía, donde de procedió a descubrir nuevas aplicaciones a la topografía.

Mc Cormac afirma que la topografía de la construcción incluye la transferencia de dimensiones dibujadas en los planos con una posición correcta. Los levantamientos se los conoce como establecimiento de líneas y niveles. En los primeros instantes se conoció al trabajo del topógrafo como ingeniero de trazo en la construcción de un proyecto.

Se conoce a la topografía como la representación de los elementos naturales y humanos de la superficie terrestre que engloba la Cartografía y la Geodesia, donde se palpara esos elementos en los mapas y cartas geográficas.

En la actualidad se desconoce el origen exacto de la topografía, en la ingeniería civil la topografía es la pieza fundamental para una obra civil, ya que abarca el principal control que es la configuración del terreno, a su vez, medir extensiones de tierra, medir distancias horizontales y verticales entre puntos conocidos y desconocidos, localizar puntos de distancias y ángulos previamente determinados.

La topografía avanza con los años, en su actualidad consta de dos grandes ramas que es la planimetría y la altimetría, donde la planimetría estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal en cambio la altimetría estudia los instrumentos y métodos para diferenciar el nivel existentes o cotas de elevación entre los diferentes puntos que corresponde al nivel medio del mar.

1.3 Descripción del problema

A razón de fomentar los conocimientos del alumnado de la Carrera de la Ingeniería Civil de forma práctica la asignatura de topografía básica y aplicada, que se relacionan a procesos topográficos constructivos mediante el empleo de los equipos y herramientas del laboratorio de topografía, de igual manera para el área profesional e incrementando la experiencia de los estudiantes en el enfoque del control de aprendizaje mediante la ejecución de las prácticas topográficas en campo. Además, será un soporte de guía para el docente y el estudiante, que informa los métodos empleados en cada práctica y el modo de uso de los equipos y herramientas.

1.4 Justificación

La Universidad Politécnica Salesiana se ve en la necesidad de la elaboración del manual de prácticas de topografía básica y aplicada, para favorecer al estudiante de la carrera de ingeniería civil con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos, ejecutando cada una de las prácticas con mayor precisión y eficiencia para desarrollarlas.

En tal instancia es impredecible la entrega de informes que sean realizados correctamente, por el cual es de mayor énfasis desarrollar una descripción detallada de los procedimientos y alcances para guiar a un mejor resultado académico.

Los estudiantes aplicaran e interpretaran los conocimientos básicos de topografía, para desarrollar de manera eficiente las prácticas en campo. La ingeniería civil es una de las carreras más completas, trabaja en conjunto los conceptos teóricos y la ejecución en campo, una de las materias importantes es la topografía ya que es la base fundamental para el desarrollo de un proyecto.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Elaborar un manual de prácticas de topografía básica y aplicada, el que constará de guías teóricas y que servirá como una guía para el estudiante de la Universidad Politécnica Salesiana, además obtendrá ejemplos de cálculos, ecuaciones, tablas y gráficos.

1.5.2 Objetivos específicos.

Recopilar información necesaria para la elaboración del manual de prácticas de topografía básica y aplicada.

Elaborar cada una de las prácticas que se ejecutaran en los laboratorios de topografía y áreas verdes de la Universidad Politécnica Salesiana, describiendo los procedimientos de cada uno de ellos de una manera clara y concisa.

Diseñar una forma práctica y funcional, que consista de manera clara cada una de las prácticas a ejecutar y planteando un cuestionario con temas referenciales a cada práctica.

Elaborar el manual de prácticas de topografía básica y aplicada, aplicando la normativa vigente MOP, tal que constara de sus hojas electrónicas de cálculos.

Utilizar los equipos del laboratorio de topografía que cuenta con la estación total, brújulas, dron, piquetes, GPS, cinta, entre otros.

Calibrar correctamente los equipos para una mayor precisión al instante de realizar la práctica.

1.6 Alcance

En la carrera de ingeniería civil la topografía es la pieza clave para empezar un proyecto, tal que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana de la carrera de Ingeniería Civil debe dominar e interpretar correctamente el concepto de topografía, la aplicabilidad de nuevas técnicas y equipos, en el cual constara del proceso detallado meticulosamente de cada practica para brindar una guía satisfactoria al estudiante de la carrera de ingeniería civil, además de cumplir con la normas y leyes vigentes para garantizar dicho manual.

El desarrollo de cada practica será realizada con la mayor precisión y eficacia al momento de realizar la practica en campo. El cual constará de un formato desarrollado en cada práctica a realizar, la guía obtendrá temas referenciales precisos y confiables para el desarrollo.

El manual será lo suficientemente capaz de guiar a los estudiantes con sus referencias estructurales en la guía.

1.7 Marco teórico

La historia de la topografía tiene una ciencia similar que es la geodesia que consiste en medir extensiones de tierra, que utiliza leyes físicas y observaciones para englobar la tierra, en la cual consta en determinar puntos mediante coordenadas esféricas.

La topografía es la ciencia que estudia la configuración del terreno, que sirve para la elaboración de un proyecto u obra civil a realizar, además de que la topografía opera en extensiones pequeñas de terreno de una superficie plana, por ende, sirve de apoyo los planos topográficos con el fin de que muestren los accidentes del terreno. En conjunto con la geodesia que estudia de extensiones de terrenos como cartas cartográficas.

Consta de bases básicas de geometría y trigonometría en la topografía, se utilizará las hipótesis siguientes:

La línea más corta que une dos puntos sobre la superficie de la tierra es una recta.

Las direcciones de la plomada, colocada en dos puntos diferentes cualesquiera, son paralelos.

La superficie imaginaria de referencia, respecto a la cual se tomarán las alturas, es una superficie plana.

El éxito de un estudio de topografía es aplicando las hipótesis, con estas condiciones el estudiante obtenga buen provecho del curso, ya que consistirá de aplicar lo teórico en la práctica conjuntamente garantizara un adecuado resultado.

El ángulo formado por la intersección de dos líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico.

La topografía se divide en dos ramas de gran importancia: la planimetría y la altimetría.

La altimetría: esta rama estudia la diferencia de nivel existente entre los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia, como su principal objetivo estudia la nivelación de distancias directas o indirectas.

La planimetría: esta rama estudia todos los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, consta de exactitud en la colocación de puntos importantes del terreno, entre trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc.

En general la topografía aplica estrictos métodos geométricos y trigonométricos, que consiste de líneas rectas y ángulos para formar figuras geométricas, con el fin de colocar puntos sobre los linderos del terreno, que son vértices del polígono. Los puntos pueden ser:

Puntos instantáneos o momentáneos: son puntos que se necesitan en un determinado instante, pero después puede desaparecer.

Puntos transitorios: son puntos que deben perdurar mientras se termina el trabajo, pero posteriormente puede desaparecer.

Puntos definitivos: son aquellos puntos que no desaparecen una vez realizado el trabajo.

CAPÍTULO II

2. TOPOGRAFÍA BÁSICA

2.1 Prácticas de topografía básica en campo

2.1.1 Toma de azimuts, rumbos y mediciones de varias alineaciones con brújula y cinta.

2.1.1.1 Introducción.

El siguiente estudio consiste en una práctica topográfica, la cual se basa en coordenadas UTM (Universal Transversal de Marcatoro) y que trabaja en conjunto con el sistema WGS-84 (World Geodetic System) para brindar una mayor precisión en los resultados. Además, la topografía consistirá de un sistema de coordenadas cartesianos, en el cual se debe tener claro la ubicación del norte magnético como regla fundamental. Se procederá a la toma de coordenadas, azimut y rumbo de los puntos fijos en la superficie del terreno, con estos datos tomados se obtendrán las coordenadas, distancias y azimut calculados mediante la aplicación de fórmulas empíricas.

2.1.1.2 Objetivos.

1. Calcular las distancias, azimuts y rumbos de las alineaciones formadas por los puntos 1,2 y 3 implantados en el terreno.
2. Representación de un sistema de coordenadas UTM de las alineaciones formadas por los puntos 1, 2 y 3.

2.1.1.3 Alcance.

Mediante el empleo de equipos y herramientas básicas de topografía, determinar la posición y orientación de puntos terrestres materializados y representarlos en un sistema de coordenadas UTM.

2.1.1.4 Fundamento teórico.

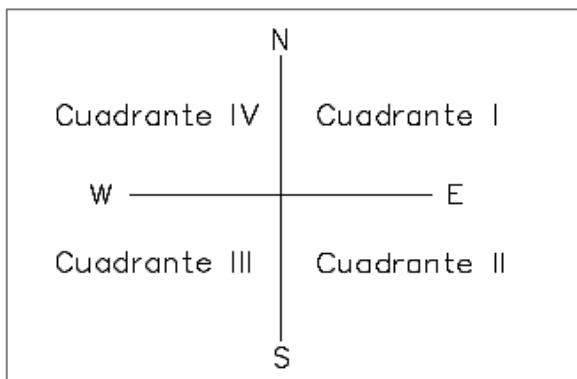
En topografía se cuenta con un sistema de coordenadas cartesianas; donde existe la intersección de dos rectas que se cruzan formando un origen “O” de coordenadas, donde el eje de abscisas muestra el “este-oeste” y el eje de ordenadas muestra el “norte-sur”, del cual se debe tener claro donde se ubica el norte magnético para la toma de azimuth y rumbos.

La brújula es una herramienta que consta de puntos cardinales; que permite la toma de azimuth, que se mide en sentido horario o en sentido de las manecillas del reloj a partir del norte magnético, con ángulos que varían entre 0° - 360° . Además, permite la orientación del norte magnético.

El rumbo es un ángulo agudo, se mide en sentido horario o anti horario a partir del norte o del sur, se encuentra distribuido entre cuadrantes, por consiguiente, si se ubica en el cuadrante I se mide a partir del norte en sentido horario, si se ubica en el cuadrante II se mide a partir del sur en sentido anti horario, si se ubica en el cuadrante III se mide a partir del sur en sentido horario, por último, si se ubica en el cuadrante IV se mide a partir del norte en sentido anti horario. El rumbo se encuentra entre ángulos de 0° a 90° .

Figura 1

Identificación del cuadrante.



Elaborada por: La autora.

Es de importancia la interpretación de coordenadas UTM ya que son una de las más utilizadas y conocidas a nivel mundial que se desarrolló por el ejército de los EEUU, se refiere a rectángulos de una cuadrícula en la que se ha dividido la tierra. Trabaja en conjunto con el sistema WGS-84 de manera universal, que sirve para la localización geográfica de los puntos fijos en la superficie terrestre, que se encuentra expresa en metros. En el cual trabaja con puntos cardinales tales como el ESTE que no se pueden expresar en valores de más de 6 dígitos y el NORTE no se expresan en valores de más de 7 dígitos.

Mediante las fórmulas empíricas de las relaciones geométricas entre los puntos P1 (N1; E1) y P2 (N2; E2) se expresa en la siguiente formula:

$$D_{1-2} = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2}$$

Donde:

D_{1-2} : Distancia horizontal entre ambos puntos.

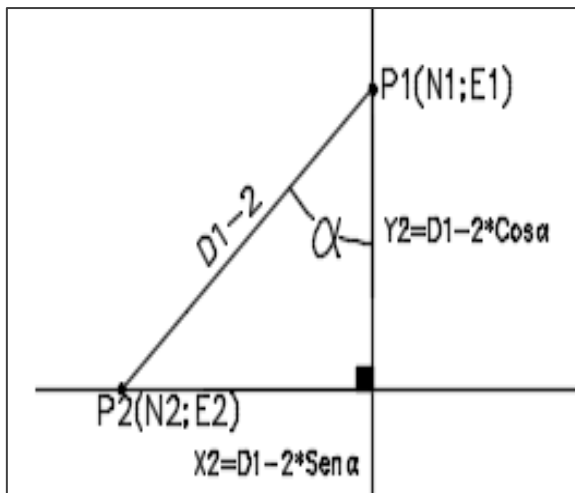
$N_n; E_n$: Distancia en proyección sobre los ejes Norte y Este desde ambos puntos.

La cual sirve para el cálculo de distancias mediante las coordenadas UTM tomadas en campo con la ayuda del GPS, las unidades de las coordenadas UTM debe estar en metros, ya que son de mayor facilidad de interpretar los resultados.

Demostración de las identidades trigonométricas como seno y el coseno:

Figura 2

Proyecciones.



Elaborada por: La autora.

$$\cos \alpha = \frac{Y_2}{D_{1-2}}$$

$$Y_2 = D_{1-2} * \cos \alpha$$

$$\text{sena} = \frac{X_2}{D_{1-2}}$$

$$X_2 = D_{1-2} * \text{sena}$$

2.1.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Jalones.

Descripción: Es una herramienta metálica de forma cilíndrica de 2m de longitud, de color rojo y blanco con punta de 5/8". Que sirve de uso general para clavar y ayudar a visualizar mayores distancias por el operador.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4x24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** Combo.

Descripción: Es una herramienta de mano, con un mango de madera y la cabeza de hierro, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 8lb.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50.

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 3

Identificación de los equipos y materiales.



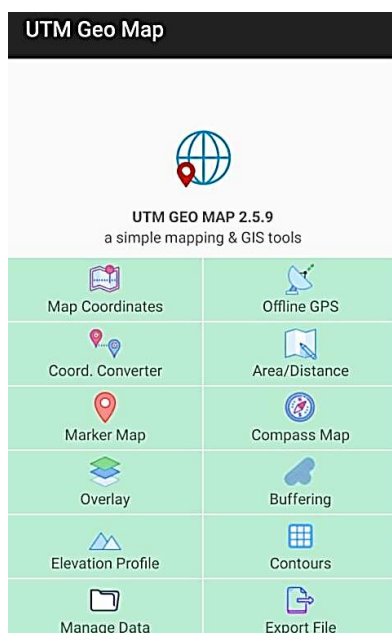
Elaborada por: La autora.

2.1.1.6 Procedimiento.

1. Se realiza la ubicación de los tres puntos arbitrarios en un terreno, en el cual las estacas de madera tendrán dimensiones de 4x4x24cm, con la ayuda de un combo, se clava las estacas en los puntos anteriormente ubicados 1, 2 y 3 dejando visibles las estacas aproximadamente 5cm para mayor precisión en toma de datos, con una separación alrededor de 40 m entre cada punto.
2. Una vez colocadas las estacas, se coloca un clavo de acero en el centro de la cara superior de la estaca.
3. Colocar los jalones en los puntos 1, 2 y 3 para visualizar de manera global la ubicación de cada punto.
4. Se enciende el GPS y se verifica que este activo la ubicación.
5. Se procede abrir la aplicación “UTM Geo Map” ubicándose en la opción “Coord. del mapa”.

Figura 4

Aplicación UTM GEO MAP.



Elaborada por: La autora.

6. Se coloca el GPS en la cara superior de la estaca donde se encuentra el clavo metálico, se procede a retirar el jalón en el punto para la toma de coordenadas UTM, no debe estar cerca ningún elemento metálico alrededor de 2m, ya que puede producir distorsión en la toma de coordenadas.
7. Se procede a la toma de coordenadas UTM en el punto 1 mediante el uso del GPS, en el cual debe estar activos al menos 5 satélites de color verde y seleccionar la opción “GOTO GPS LOCATION” para fijar correctamente el punto y por último se procede a la toma de datos de las coordenadas UTM en el punto 1 con el GPS, que da como resultado 9968823,120m N y 772661,517m E ubicado en la zona 17M.

Figura 5

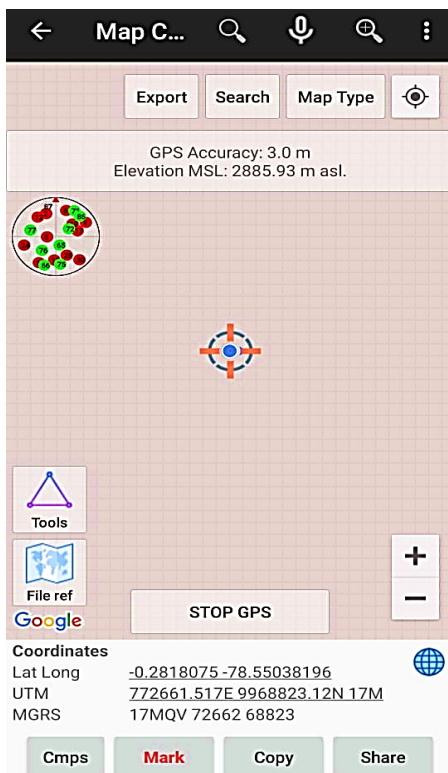
Numero de satélites.



Elaborada por: La autora.

Figura 6

Resultados de coordenadas UTM.



Elaborada por: La autora.

8. Seguidamente, se realiza el mismo procedimiento para la toma del punto 2 y el punto 3, no olvidar de retirar los jalones para la toma de coordenadas y tener una mayor precisión en los resultados tomados. Que nos dio como resultado las siguientes coordenadas:

Tabla 1

Resultados de coordenadas UTM.

Nro. Pt	Coordenadas leídas GPS		Zona
	Norte (m)	Este (m)	
1	9,968,823,120	772,661,517	17M
2	9,968,789,152	772,625,960	
3	9,968,793,130	772,581,637	

Elaborada por: La autora.

9. Se procede a realizar la medición de distancias entre las alineaciones de los puntos 1-2, se ubica un jalón en el punto 1 (punto de inicio) y se coloca la cinta a una altura de 40 cm desde la superficie del terreno aproximadamente, iniciando midiendo desde el cero de la cinta; por consiguiente, para la medición de la distancia total se realiza intervalos de cada 20 m, que se colocaran jalones intermedios. Se ubica un asistente en el punto 1 y el otro asistente en el punto intermedio 1 a una distancia entre ambos puntos de 20m, un asistente debe verificar que la alineación y nivelación de la cinta se encuentre bien entre ambos puntos; seguidamente, el punto intermedio 1 pasa a ser el punto de inicio y el asistente procede a ubicarse en el punto intermedio 2 con una distancia de 20m, un asistente debe verificar que la alineación y nivelación de la cinta se encuentre bien entre ambos puntos, se realizará este método el número de veces necesarias para la toma de la distancia total.

Figura 7

Nivelación entre dos puntos.



Elaborada por: La autora.

Figura 8

Alineación entre dos puntos.

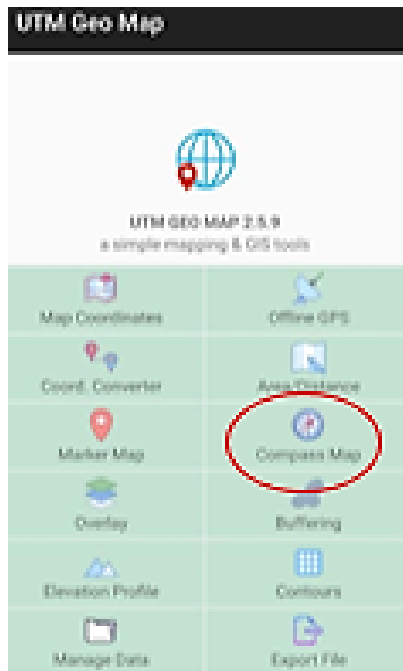


Elaborada por: La autora.

10. Posteriormente, para el resultado de la distancia total se suma el número de veces de distancias tomadas en campo, que nos dio como resultado 46.58 m entre el punto 1-2.
11. Se realiza el mismo procedimiento de medición entre el punto 2-3, que nos dio como resultado 41.56 m.
12. Se efectúa a la lectura del azimut entre el punto 1-2, para lo cual se ubica el jalón en el punto 2 para una mejor visualización. Con la ayuda del GPS se ubica en el punto 1, en la cual se abre la aplicación "UTM Geo Map" y se abre la opción "Mapa de brújula."

Figura 9

Brújula.



Elaborada por: La autora.

13. Primeramente, se verifica que no exista elementos metálicos cercanos al punto, se procede a ubicar el GPS en la cara superior de la estaca donde se colocó el clavo metálico y se orienta el norte magnético que debe dar un ángulo de 0° , el operador se ubica encima del punto 1, toma el GPS y gira en sentido horario apuntando al punto 2. Para la toma del azimuth se ubica el GPS a la altura del pecho para visualizar el azimuth entre el punto 1-2, que nos dio como resultado un azimuth de 230° .

Figura 10

Toma de azimut.



Elaborada por: La autora.

Figura 11

Azimut 0°.



Elaborada por: La autora.

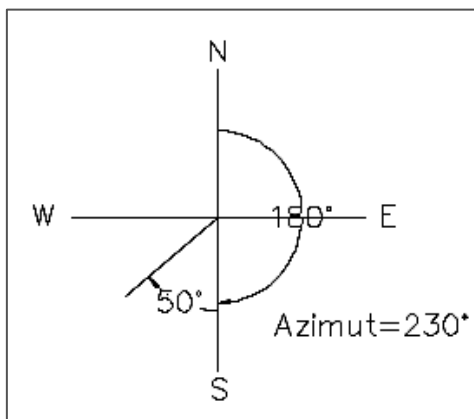
14. Finalmente, se repite el mismo procedimiento partiendo del punto 2 al punto 3, que nos dio como resultado un azimut de 269° . Con los datos obtenidos en campo se procede a obtener azimuts, coordenadas y distancias calculadas mediante las fórmulas empíricas.

2.1.1.7 Cálculos.

Conocidas las coordenadas en los puntos 1, 2 y 3 se procede al cálculo del rumbo observado a partir del azimut tomado en campo. Entre el punto 1-2 el azimut medido con la brújula fue de 230° , se procede al cálculo del rumbo observado, que es la medición de la alineación dada respecto al eje Norte-Sur ubicado en el cuadrante III, se mide en sentido horario y nos dio como resultado **S 50° W** como indica la imagen 12.

Figura 12

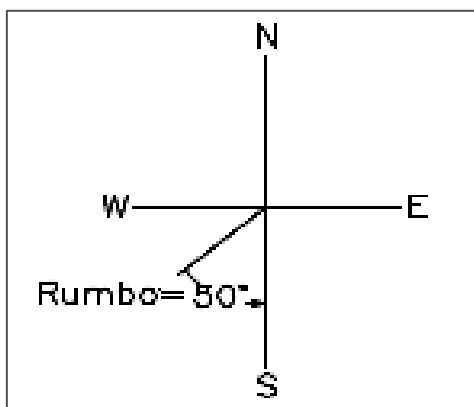
Resultado del azimut.



Elaborada por: La autora.

Figura 13

Resultado del rumbo 1.

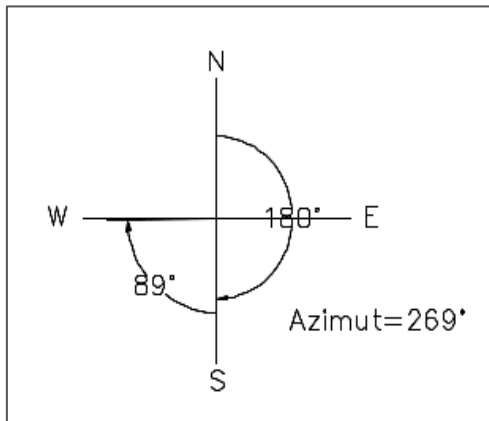


Elaborada por: La autora.

Entre el punto 2-3 el azimut medido con la brújula fue de 269° , se procede al cálculo del rumbo observado, que es la medición de la alineación dada respecto al eje Norte-Sur ubicado en el cuadrante III. Se mide en sentido horario de acuerdo al cuadrante que se encuentra y nos dio como resultado **S 89° W** como indica la figura 5.

Figura 14

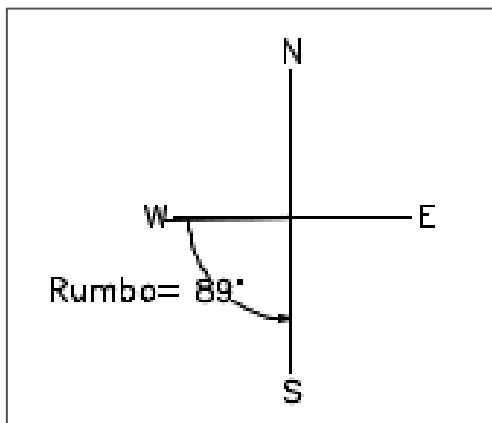
Resultado del azimut.



Elaborada por: La autora.

Figura 15

Resultado del rumbo 2.



Elaborada por: La autora.

Se procede al cálculo de distancias mediante las coordenadas tomadas en campo con la ayuda del GPS, a partir de las relaciones geométricas entre los puntos P1 (N1; E1) y P2 (N2; E2) se expresa en la siguiente ecuación:

$$D_{1-2} = \sqrt{(E_2 - E_1)^2 + (N_2 - N_1)^2}$$

Donde:

D_{1-2} : Distancia horizontal entre ambos puntos.

N_n ; E_n : Distancia en proyección sobre los ejes Norte y Este desde ambos puntos.

Con los datos tomados en campo nos dio como resultado coordenadas UTM:

Punto 1: 9968823,120m N y 772661,517m E

Punto 2: 9968789,152m N y 772625,960m E

Se procede a realizar el cálculo:

$$D_{1-2} = \sqrt{(772625.960 - 772661.517)^2 + (9968789.152 - 9968823.120)^2}$$

$$D_{1-2} = \sqrt{(-33.968)^2 + (-35.557)^2}$$

$$D_{1-2} = 49.174 \text{ m}$$

Se adjunta la siguiente tabla con los cálculos obtenidos:

Tabla 2

Resultados obtenido mediante la hoja de cálculos.

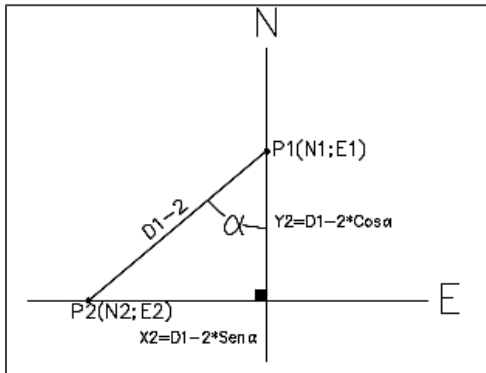
Nro. Pt	Coordenadas leídas GPS		Zona	Distancia Medida (m)	Azimut Medido (Grados)	Rumbo		Distancia Calculada (m)
	Norte (m)	Este (m)				Medido	Medido	
1	9,968,823,120	772,661,517						
				46,580	230	50	SW	49,174
2	9,968,789,152	772,625,960	17					
				41,560	269	89	SW	44,501
3	9,968,793,130	772,581,637						

Elaborada por: La autora.

Por último, se realiza un plano cartesiano, ubicando las coordenadas UTM en cada uno de los puntos 1, 2 y 3:

Figura 16

Proyecciones.



Elaborada por: La autora.

Se realiza relaciones trigonométricas del triángulo rectángulo y se obtiene los siguientes resultados. Se adjunta la siguiente tabla:

Tabla 3

Resultados obtenidos mediante la hoja de cálculos.

Nro. Pt	Coordenadas leídas GPS		Distancia Medida (m)	Azimut Medido (Grados)	Rumbo Medido (Grados)	Coordenadas Calculadas Finales		Errores	
	Norte (m)	Este (m)				Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
1	9,968,823,120	772,661,517				9,968,823,120	772,661,517	0	0
			46,580	230	50 SW				
2	9,968,789,152	772,625,960				9,968,793,179	772,625,835	4,027	0,125
			41,560	269	89 SW				
3	9,968,793,130	772,581,637				9,968,792,454	772,584,281	0,676	2,644

Elaborada por: La autora.

Con los resultados de las nuevas coordenadas calculadas nos debe dar un margen de error menor a 5m. Para concluir que los datos tomados y calculados están correctamente punto 1, 2 y 3 nos

debe dar en el rango de errores de 0-5m, lo que indica en la tabla 4 que nos cumple con el requisito previo.

2.1.1.8 Conclusiones.

- Se concluye que en la toma de coordenadas UTM WGS-84 mediante el GPS se presentan errores en los datos, por lo cual se realiza el correcto cálculo de las coordenadas calculadas mediante fórmulas trigonométricas que será el resultado final, finalmente, se realiza una comparación entre los resultados de las coordenadas GPS y las coordenadas calculadas que su diferencia se encuentre dentro del rango de errores entre 0-5 m, por lo cual los resultados obtenidos son aceptables como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4

Errores de coordenadas.

Nro Pt.	Error Norte (m)	Error Este (m)
1	0	0
2	4.027	0.125
3	0.676	2.644

Elaborada por: La autora.

- Con los datos tomados en campo de las distancias entre el punto 1-2 nos dio como resultado 46.580m en comparación con la distancia calculada mediante la fórmula empírica nos dio como resultado 49.174m, por consiguiente, nos da un margen de error de 2.594m; entre el punto 2-3 nos dio como resultado 41.560m la distancia en campo y la distancia calculada nos dio como resultado 44.501m, que nos da un margen de error de 2.941m, concluyendo los resultados se encuentran dentro del rango de errores de 0-5m que se presenta en el campo por la falta de precisión, horizontalidad en la cinta, alineamiento imperfecto y otros errores accidentales, pero que son tolerados en topografía.
- Se concluye que al realizar la correcta alineación y nivelación de la cinta en el levantamiento los resultados son más cercanos a la realidad.

2.1.1.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que para la toma de datos de coordenadas UTM o azimuts mediante el GPS no se encuentre ningún instrumento o herramienta metálica al menos dos metros a su alrededor, con el fin de que no exista distorsión en la toma de resultados.
- Se sugiere al estudiante que brinde una buena afinación en la lectura de datos o el número de cifras con que se efectúa un resultado, además que exista la correcta manipulación de los equipos, ya que por motivos de un descuido o una mala lectura pueda ocasionar errores en los cálculos a realizar.
- Se recomienda que al momento de realizar mediciones entre puntos y existencia distancias extensas se realicen intervalos de medición de 20 m, se realizara este procedimiento el número de veces necesarias para la medición final, además se requiere dejar una visibilidad de las estacas aproximadamente unos 5 cm desde la cara superior de la estaca a la superficie del terreno.

2.1.1.10 Croquis.

Figura 17

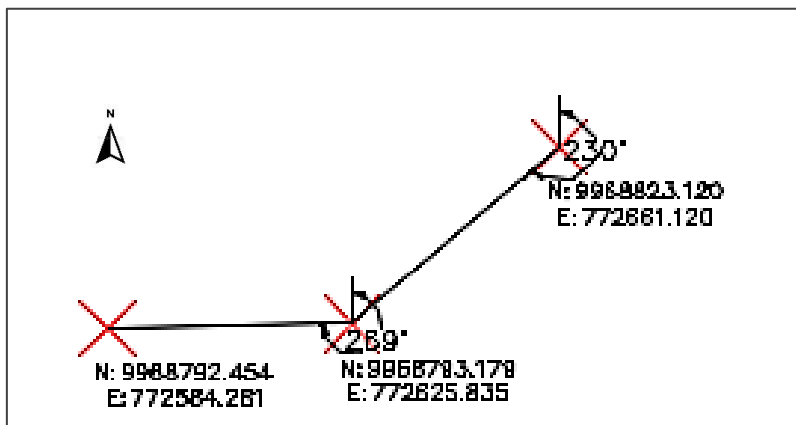
Ubicación de la toma de azimut, rumbo y distancias.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

Figura 18

Representación de los puntos en el Software Civil 3D.



Fuente: Software Civil 3D, 2018.

2.1.2 Levantamiento topográfico con cinta y brújula.

2.1.2.1 Introducción.

La práctica consiste en un levantamiento topográfico de un predio mediante el empleo de la cinta métrica y la brújula, en el cual partirá de un punto GPS geodésico conocido, con datos de la monografía adjunta y por puntos fijos en el predio formando un área poligonal cerrada. Se procederá a medir distancias y toma de azimuts de los puntos fijos en la superficie del predio, donde se formará un área geométrica y se calculará mediante la aplicación formulas sencillas, con todos los datos obtenidos se representará el sistema de coordenadas UTM en el software Civil 3D.

2.1.2.2 Objetivos.

1. Tomar distancias y azimuts de las alineaciones implantadas en un predio.
2. Calcular el área formada de un predio mediante la aplicación de fórmulas.
3. Representar en el software Civil 3D el sistema de coordenadas UTM, las dimensiones y características del predio medido.

2.1.2.3 Alcance.

Mediante el empleo de equipos y herramientas básicas de topografía, determinar el área, la posición y orientación de un predio y representarlos en un sistema de coordenadas UTM.

2.1.2.4 Fundamento teórico.

En topografía es importante la interpretación de los conceptos de precisión y exactitud, ya que la exactitud se refiere al grado de perfección que se obtiene en las mediciones, mientras que la precisión es el grado de afinación con el que se mide una determinada cantidad. Todas las medidas son imperfectas, un objetivo muy importante de la topografía es la precisión del trabajo, que la forma más próxima es la atención del topógrafo ya que no existe instrumento ni forma exacta con los cuales lograr.

La superficie del terreno se puede representar en un área que es la medida de un terreno que representa la forma y el tamaño de la misma, las unidades de medición se pueden dar en metros cuadrados (m^2), kilómetros cuadrados (km^2) o hectáreas (ha) dependiendo el tamaño de la superficie a medir, donde:

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 1000000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$$

Poligonales.

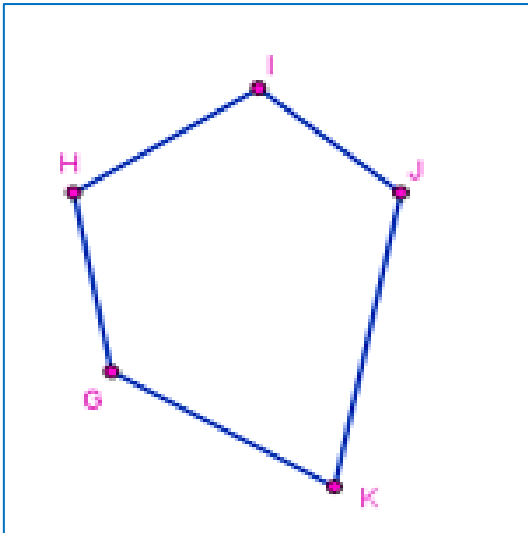
Una poligonal se forma por lados sucesivos que se conectan entre sí en los vértices, con el fin de medir distancias horizontales entre los vértices y ángulos horizontales en cada uno de los vértices, para conocer su posición y representar en un sistema de coordenadas rectangulares planas. Se usa generalmente para implantar un punto de control y puntos de apoyo en un levantamiento, para elaborar los planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras.

Las poligonales se clasifican en:

- Poligonales cerradas.
- Poligonales abiertas o de enlace de control de cierre.
- Poligonales abiertas sin control.

Figura 19

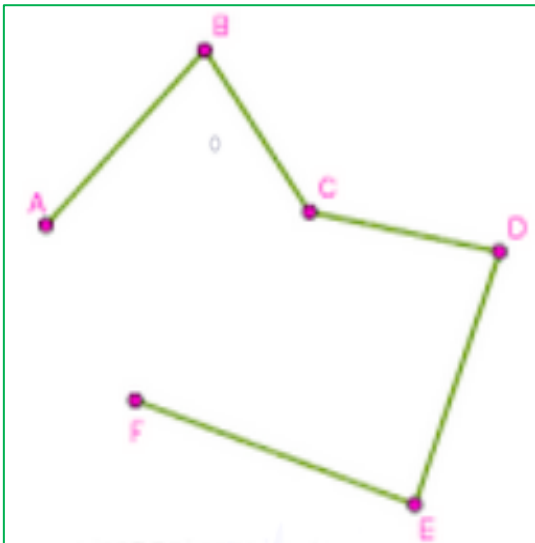
Poligonal cerrada.



Elaborada por: La autora.

Figura 20

Poligonal abierta.



Elaborada por: La autora.

Error lineal: es la suma de las proyecciones en el eje norte-sur y este-oeste.

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon x^2 + \varepsilon y^2}$$

Donde:

ϵ : error lineal

ϵ_x : error lineal en el eje este

ϵ_y : error lineal en el eje norte

Compensación del error lineal: Este método depende de la precisión lograda por los instrumentos y procedimientos empleados en la medición, hay que compensar las proyecciones, es decir; el error al este y el error al norte, con la siguiente formula:

$$Cx = \frac{\epsilon_x}{P} * L$$

$$Cy = \frac{\epsilon_y}{P} * L$$

Donde:

Cx, Cy: compensación este y norte

L: longitud entre vértices

P: perímetro

Error relativo: Es el error natural encontrado en campo y nos permite observar la precisión del polígono.

$$ER = \frac{1}{\frac{P}{\epsilon}}$$

Tolerancias de los errores relativos:

$$\text{Zonas rurales: } TL = 1/5\ 000$$

$$\text{Zonas urbanas: } TL = 1/10\ 000$$

Con la siguiente condición es que esta correcto los datos tomados en campo: $ER < TL$

Compensación angular: Existe la condición de cierre angular de un polígono cerrado es para ángulos internos:

$$\Sigma \angle_{int} = 180^\circ(n - 2)$$

Donde:

n: es el número de lados del polígono.

Error angular vendrá dado por la diferencia entre el valor medido y valor teórico.

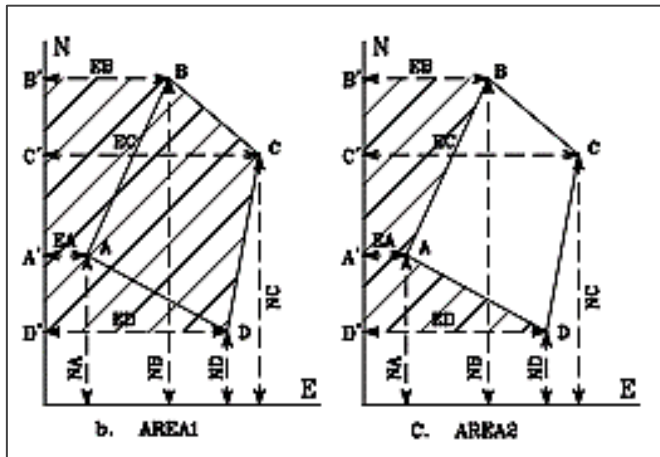
$$Ea = \Sigma \angle_{int} - 180^\circ(n - 2)$$

Área de un polígono por sus coordenadas.

El área de un polígono cerrado se calcula a partir de las coordenadas de sus vértices, se puede deducir de la siguiente manera:

Figura 21

Área de un polígono.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

$$AREA_{ABCD} = Area\ 1 - Area\ 2$$

$$Area\ 1 = AREA_{B'BCC'} + AREA_{C'CDD'}$$

$$AREA_{B'BCC'} = \frac{1}{2}(E_B + E_C) * (N_B - N_C)$$

$$AREA_{C'CDD'} = \frac{1}{2}(E_C + E_D) * (N_C - N_D)$$

$$Area\ 1 = \frac{1}{2}[(E_B + E_C) * (N_B - N_C) + (E_C + E_D) * (N_C - N_D)] \quad 1$$

$$Area\ 2 = AREA_{B'BAA'} + AREA_{A'ADD'}$$

$$AREA_{B'BAA'} = \frac{1}{2}(E_B + E_A) * (N_B - N_A)$$

$$AREA_{A'ADD'} = \frac{1}{2}(E_A + E_D) * (N_A - N_D)$$

$$Area\ 2 = \frac{1}{2}[(E_B + E_A) * (N_B - N_A) + (E_A + E_D) * (N_A - N_D)] \quad 2$$

restamos las ecuaciones [1]-[2]

$$Area = \frac{1}{2}[(E_B + E_C) * (N_B - N_C) + (E_C + E_D) * (N_C - N_D) - (E_B + E_A) * (N_B - N_A) - (E_A + E_D) * (N_A - N_D)]$$

Despejamos y agrupamos términos

$$2 * Area = N_A * (E_B - E_D) + N_B(E_C - E_A) + N_C(E_D - E_B) + N_D(E_A - E_C)$$

Una regla práctica para memorizar la ecuación 1.11 es observar que en ella se cumple que "el doble del área de un polígono cerrado es igual a la suma algebraica del producto de cada una de las coordenadas norte por la diferencia entre la coordenada este anterior y la coordenada este siguiente." En forma general la ecuación 1.11 se puede escribir,

Formula general:

$$Area = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} N_i(E_{i+1} - E_{i-1})$$

$$Area = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{i=n} (N_i * E_{i+1} - E_i * N_{i+1})$$

El cálculo se puede organizarse en forma tabulada como se indica a continuación:

Tabla 5*Tabulación de coordenadas.*

Punto	Coordenadas	
	Norte	Este
D		+Ed
A	Na	+Ea
B	Nb	+Eb
C	Nc	+Ec
D	Nd	-Ed
A		-Ea

Elaborado por: La autora.

Se colocan en forma ordenada los pares de coordenadas de cada punto, luego en la posición anterior al primer punto se repite la coordenada este del último, y después del último punto, se repite la coordenada este del primero. Se unen mediante flechas cada una de las coordenadas Norte con los Este anteriores y posteriores. Finalmente, la suma algebraica del producto Norte y Este nos dará el doble del área.

Formula general:

$$Area = \frac{1}{2} [N_A * (E_D - E_B) + N_B (E_A - E_C) + N_C (E_B - E_D) + N_D (E_C - E_A)]$$

2.1.2.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Jalones.

Descripción: Es una herramienta metálica de forma cilíndrica de 2m de longitud, de color rojo y blanco con punta de 5/8". Que sirve de uso general para clavar y ayudar a visualizar mayores distancias por el operador.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4x24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** Combo.

Descripción: Es una herramienta de mano, con un mango de madera y la cabeza de hierro, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 8lb.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50.

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 22

Identificación de los equipos y materiales.



Elaborada por: La autora.

2.1.2.6 Procedimiento.

1. Se procede a la ubicación de un punto GPS geodésico conocido en un predio, es necesario colocar 4 puntos fijos adicionales en sentido anti horario que representarán los límites del predio, a través de estacas de madera que tendrán dimensiones de 4x4x24cm se procede a clavar las estacas con la ayuda de un combo ubicando en cada uno de los puntos 1, 2, 3 y 4, formando un área poligonal de cinco lados en el predio.

Figura 23

Punto geodésico GPS-2.



Elaborada por: La autora.

Figura 24

Punto materializado



Elaborada por: La autora.

2. A partir del punto geodésico conocido (P. GPS), se realiza la toma de la distancia entre el punto P. GPS-1, un asistente se ubicará en el punto P. GPS colocando un jalón que será el punto de inicio, ubicando la cinta a una altura de 40 cm desde la superficie del terreno aproximadamente, iniciando midiendo desde el cero de la cinta; para la medición de la distancia total se realiza intervalos de cada 20 m, que se colocaran jalones intermedios. Se ubica un asistente en el punto P. GPS y el otro asistente en el punto intermedio 1 a una distancia entre ambos puntos de 20m, un asistente debe verificar que la alineación y nivelación de la cinta se encuentre bien entre ambos puntos; seguidamente, el punto intermedio 1 pasa a ser el punto de inicio y el asistente procede a ubicarse en el punto intermedio 2 con una distancia de 20m, un asistente debe verificar que la alineación y nivelación de la cinta se encuentre bien entre ambos puntos, se realizará este método el número de veces necesarias para la toma de la distancia total entre el punto P. GPS-1.

Figura 25

Nivelación entre dos puntos del levantamiento topográfico.



Elaborada por: La autora.

Figura 26

Alineación entre dos puntos del levantamiento topográfico.



Elaborada por: La autora.

3. Posteriormente, para el resultado de la distancia total se suma el número de veces de distancias tomadas en campo, que nos dio como resultado 44.28 m entre el punto P. GPS-1. Se realiza el mismo procedimiento para la toma de la distancia entre el punto 1-2, 2-3, 3-4, y 4- P. GPS. Se adjunta los datos medidos en campo.

Tabla 6

Resultado de las distancias medidas en campo.

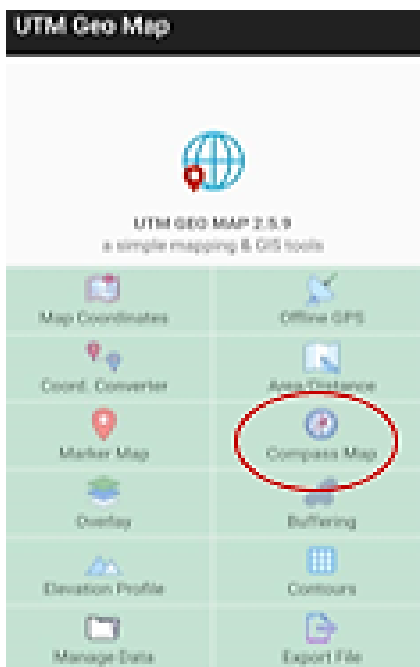
Nro Pt.	Distancia Medida (m)
P. GPS. (GEO).	
1 (GPS NAV)	44.280
2 (GPS NAV)	42.120
3 (GPS NAV)	41.320
4 (GPS NAV)	43.760
P. GPS. (GEO).	33.390

Elaborada por: La autora.

4. Se realiza la lectura del azimuth entre la alineación P. GPS-1, para lo cual se ubica el jalón en el punto 1 para una mejor visualización, mediante la ayuda del GPS se procede a ubicarse en el punto P. GPS, en la cual se abre la aplicación “UTM Geo Map” y se abre la opción “Mapa de brújula.

Figura 27

Brújula.



Elaborada por: La autora.

5. Se verifica que no exista elementos metálicos cercanos al punto P. GPS, se procede a ubicar el GPS en la cara superior de la estaca donde se colocó el clavo metálico y se orienta el norte magnético que debe dar un ángulo de 0° , el operador se ubica encima del punto P. GPS, toma el GPS y gira en sentido horario apuntando al punto 1, para la toma del azimuth se ubica el GPS a la altura del pecho para visualizar el azimuth entre el punto P. GPS-1, que nos dio como resultado un azimuth de 243° .

Figura 28

Toma de azimut.



Elaborada por: La autora.

6. Finalmente, se repite el mismo procedimiento entre las alineaciones 1-2, 2-3, 3-4, 4- P. GPS.

Con los datos obtenidos en campo se procede a dibujar en el software civil 3D.

2.1.2.7 Cálculos.

Se procede a calcular las coordenadas UTM y el área del polígono formado en campo, que comienza desde el punto geodésico conocido: 9968822.893 m N y 772642.717 m E.

Datos:

Tabla 7

Resultados de distancias y azimuths.

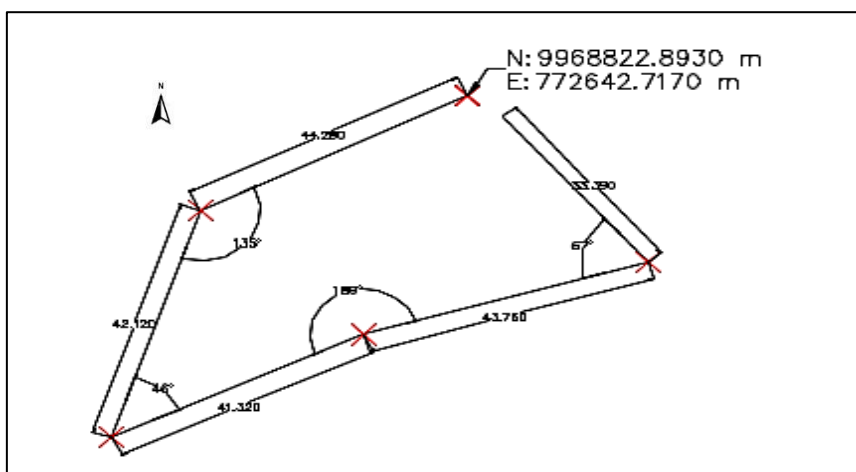
Nro Pt.	Distancia Medida (M)	Azimuth Medido (Grados)
P. GPS. (GEO).		
1 (GPS NAV)	44.280	243
2 (GPS NAV)	42.120	198
3 (GPS NAV)	41.320	64
4 (GPS NAV)	43.760	73
	33.390	320
P. GPS. (GEO).		

Elaborada por: La autora.

Con los datos obtenidos en campo, se procede a dibujar en el software Civil 3D.

Figura 29

Representación de los puntos en el software Civil 3D.



Fuente: Software Civil 3D, 2018.

Como lo indica en la imagen no se cierra el polígono con los azimut y distancias tomadas en campo, por lo que muestra que existe un margen de error, por consiguiente, se procede a calcular las proyecciones en el eje norte-sur y en el eje este-oeste, mediante la formulas trigonométricas:

$$Y = D \cos \alpha$$

$$X = D \sin \alpha$$

Ejemplo de cálculo entre el punto P.GPS. (GEO) y 1(GPS NAV).

Proyección del eje norte-sur:

$$Y = 44.280 * \cos(243)$$

$$Y = -20.103 \text{ m}$$

Proyección del eje este-oeste:

$$X = 44.280 * \sin(243)$$

$$X = -39.454 \text{ m}$$

Se adjunta la tabla con los cálculos de las proyecciones en el eje norte y en el este.

Tabla 8

Resultados de proyecciones.

Nro Pt.	Distancia Medida (m)	Azimuth Medido (Grados)	Proyecciones (m)	
			Y=D*Cosa	X=D*Sena
P. GPS. (GEO).				
1(GPS NAV)	44.280	243	-20.103	-39.454
2(GPS NAV)	42.120	198	-40.059	-13.016
3(GPS NAV)	41.320	64	18.113	37.138
4(GPS NAV)	43.760	73	12.794	41.848
	33.390	320	25.578	-21.463
P. GPS. (GEO).				

Elaborada por: La autora.

Con los datos obtenidos se procede a realizar la sumatoria de las proyecciones del eje norte-sur y eje este-oeste, para verificar que los datos tomados cumplan con la condición establecida:

$$\varepsilon y = -20.103 - 40.059 + 18.113 + 12.794 + 25.578$$

$$\varepsilon y = -3.675 \text{ m}$$

$$\varepsilon x = -39.454 - 13.016 + 37.138 + 41.848 - 21.463$$

$$\varepsilon x = 5.054 \text{ m}$$

Se procede a calcular mediante el teorema de Pitágoras el error lineal:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon x^2 + \varepsilon y^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{(5.054)^2 + (-3.675)^2}$$

$$\varepsilon = 6.249 \text{ m}$$

Se procede a calcular el error relativo mediante la siguiente formula:

Primero se realiza la suma de todos los lados del polígono.

$$P = 44.280 + 42.120 + 41.320 + 43.760 + 33.390$$

$$P = 204.870 \text{ m}$$

Se reemplaza en la siguiente formula todos los datos calculados.

$$ER = \frac{1}{\frac{P}{\varepsilon}}$$

$$ER = \frac{1}{\frac{204.870}{6.249}}$$

$$ER = \frac{1}{32.784}$$

Por lo tanto, la tolerancia de errores relativos en las zonas urbanas es: $TL = 1/5\ 000$; donde $ER < TL$ si cumple con los datos calculados.

Por consiguiente, se procede a calcular las compensaciones del error lineal mediante la siguiente formula:

$$Cx = -\frac{\varepsilon x}{P} * L$$

$$Cy = -\frac{\varepsilon y}{P} * L$$

Ejemplo de cálculo entre el punto P.GPS. (GEO) y 1(GPS NAV).

$$Cx = -\frac{5.054}{204.870} * 44.280$$

$$Cx = -1.092$$

$$Cy = -\frac{-3.675}{204.870} * 44.280$$

$$Cx = 0.794$$

Se adjunta los datos calculados en mediante las fórmulas ya mencionadas; por último, se suman las proyecciones con las compensaciones ya calculas en el eje norte y en el este.

Tabla 9

Resultado de las compensaciones lineales.

Nro Pt.	Distancia Medida (M)	Azimut Medido (Grados)	Proyecciones (m)		Compensación de Errores Lineales		Proyecciones Compensadas	
			Y=Dcosα	X=Dsenα	Cy (m)	Cx (m)	Y (m)	X (m)
P. GPS. (GEO).								
	44.28	243	-20.103	-39.454	0.7944	-1.092	-19.31	-40.546
1(GPS NAV)								
	42.12	198	-40.059	-13.016	0.7556	-1.039	-39.3	-14.055
2(GPS NAV)								
	41.32	64	18.113	37.138	0.7413	-1.019	18.855	36.119
3(GPS NAV)								
	43.76	73	12.794	41.848	0.785	-1.079	13.579	40.768
4(GPS NAV)								

	33.39	320	25.578	-21.463	0.599	-0.824	26.177	-22.286
P. GPS. (GEO).								

Elaborada por: La autora.

Por último, con la coordenada geodésica conocida se procede a realizar las sumas necesarias en cada vértice para obtener las coordenadas UTM.

Tabla 10

Resultado de las coordenadas UTM calculadas.

Nro Pt.	Proyecciones Compensadas		Coordenadas UTM	
	Y (m)	X (m)	Norte (m)	Este (m)
P. GPS (GEO)			9968822.893	772642.717
1 (GPS NAV)	-19.308	-40.546	9968803.585	772602.171
2 (GPS NAV)	-39.303	-14.055	9968764.282	772588.116
	18.855	36.119		
3 (GPS NAV)	13.579	40.768	9968783.137	772624.235
4 (GPS NAV)	26.177	-22.286	9968796.716	772665.003
P. GPS (GEO).				

Elaborada por: La autora.

A través de las coordenadas UTM, se procede a calcular el área del polígono mediante tabulaciones como se indica a continuación:

Tabla 11

Tabulaciones.

Coordenadas UTM	
Norte (m)	Este (m)
	+772642.717
9968822.893	+772642.717
9968803.585	+772602.171
9968764.282	+772588.116

9968783.137	→	+772624.235
9968796.716	→	+772665.003
9968822.893	→	-772642.717
	→	-772642.717

Elaborada por: La autora.

Se reemplaza los datos obtenidos en la formula general del área de un polígono cerrado:

$$Area = \frac{1}{2} [N_A * (E_D - E_B) + N_B(E_A - E_C) + N_C(E_B - E_D) + N_D(E_C - E_A)]$$

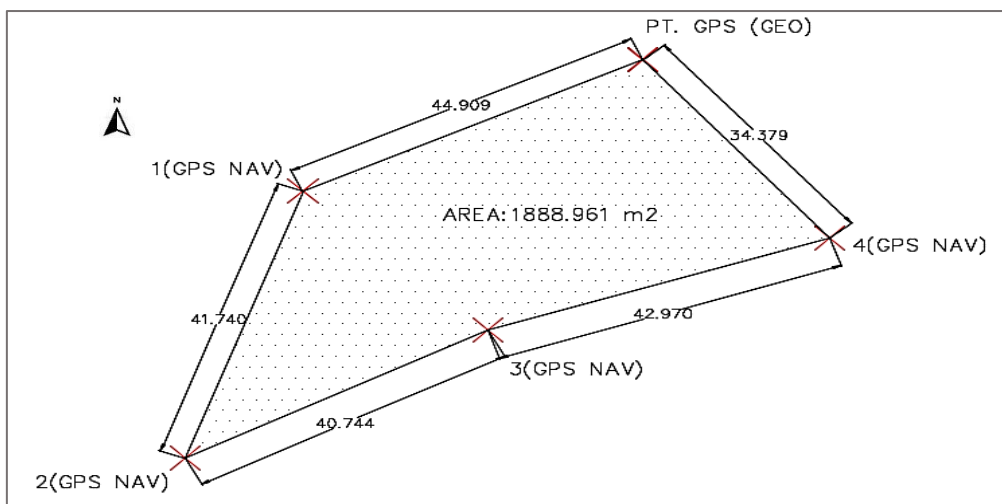
$$Area = 1/2(9968822.893 * (772642.717 - 772602.171) + 9968803.585(772642.717 - 772588.116) + 9968764.282(772602.171 - 772624.235) + 9968783.137(772588.116 - 772665.003) + 9968796.716(772624.235 - 772642.717) + 9968822.893(772665.003 - 772642.717))$$

$$Area = 1889.761 \text{ m}^2$$

Mediante el software Civil 3D se procede a calcular el área de la figura con las coordenadas UTM, que nos da un área de 1888.961 m².

Figura 30

Representación de los puntos en el Software Civil 3D.



Fuente: Software Civil 3D, 2018.

2.1.2.8 Conclusiones.

- Se concluye que toda la delimitación del predio se debe realizar en sentido anti horario para la toma de datos de distancias y azimuts, de tal modo que si se realiza en sentido horario la toma de los datos pueden existir errores en los cálculos a realizar.
- Con los datos calculados se concluye que el error relativo da $1/32.784$ y la tolerancia en la zona urbana es de $1/5000$, por lo tanto, la condición de tolerancia cumple que es de $ER < TL$, en lo cual los datos obtenidos están correctamente calculados, caso contrario $ER > TL$ se vuelve a campo a tomar nuevas medidas.
- Finalmente se puede concluir que el área del polígono de cinco lados es de 1889.761 m^2 de acuerdo al método de coordenadas UTM tabuladas, en comparación con el área obtenida en el software Civil 3D es de 1888.961 m^2 , existe un margen de error de 0.8 m^2 lo que es tolerable ya que este levantamiento no exige mucha precisión a través de la cinta.

2.1.2.9 Recomendaciones.

- Se sugiere que debe tener cuidado al momento de leer la cinta para evitar confusión en las cantidades y pronunciar correctamente las cantidades, procurar pronunciar con toda claridad y si es necesario repetir las veces que sean necesarias, por último, anotar claramente las distancias en campo.
- Se recomienda que al momento de realizar la toma de datos de los azimuts no mantener cerca objetos metálicos al GPS, por el motivo de que distorsiona los resultados tomados en campo.
- Si propone realizar la medición de las distancias con la cinta al menos dos veces de ida y de vuelta, para así obtener una mejor apreciación de los resultados.

- Es recomendable calcular el área por el método de las coordenadas, porque se obtiene mayor precisión en sus resultados, trabajar con 3 decimales como mínimo.

2.1.2.10 Croquis.

Figura 31

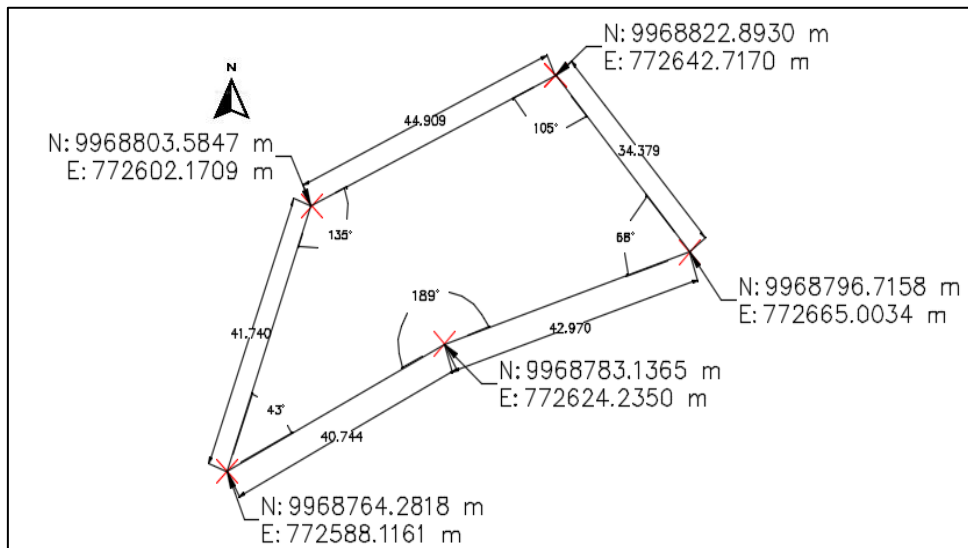
Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

Figura 32

Representación de las coordenadas



Fuente: Software Civil 3D, 2018.

2.1.3 Centrado y puesta de operación de la estación total mediante los tres métodos de partida.

2.1.3.1 Enlace desde un punto conocido y el norte.

2.1.3.1.1 Introducción.

La práctica consiste en georreferenciar mediante la estación total un levantamiento topográfico, partirá de un punto geodésico conocido de un sistema de coordenadas UTM. En el que consiste en proyectar sobre un plano horizontal imaginario, en el que se asume que es la superficie de la tierra y se miden distancias horizontales; en el cual no es necesario las diferencias relativas de elevaciones entre los diferentes puntos del terreno, donde la orientación empezará desde el norte magnético o ángulo de referencia para partir la toma de puntos, se verificará mediante los puntos cardinales la orientación de ángulos mayores a 0° mediante la estación total.

2.1.3.1.2 Objetivos.

1. Realizar correctamente el centrado y puesto de operación de la estación total mediante la utilización de un punto geodésico conocido.
2. Ubicar correctamente el ángulo de referencia o el norte magnético.
3. Comprobación mediante dos puntos no materializados si la referencia del norte magnético se encuentra correctamente orientada.

2.1.3.1.3 Alcance.

Un levantamiento topográfico se realiza en base a una georreferencia mediante coordenadas UTM y a través de un ángulo de referencia 0° o norte magnético, para determinar la ubicación de un punto, en el cual partirá su orientación desde un punto geodésico conocido al norte magnético con la finalidad se realizar la toma de puntos con la ayuda de una estación total.

2.1.3.1.4 Fundamento teórico.

Norte magnético: El norte magnético es la principal georreferencia como orientación para un trabajo de topografía, indica la dirección de la brújula. La brújula es una aguja magnética móvil donde mediante una alineación con las líneas de fuerza del campo magnético de la tierra indican la ubicación del norte magnético.

Principales unidades empleadas en topografía.

En topografía se realiza la medición de ángulos y distancias, además, de calcular superficies y volúmenes, por lo general las unidades más usuales es el sistema internacional de unidades y el sistema inglés; a continuación, se muestra un cuadro de las medidas más usadas en el sistema de unidades de longitud.

Tabla 12

Sistema de unidades de longitud.

Medidas de longitud	Sistema inglés	Sistema internacional de unidades (m)
Milímetro	0.03937 pulg	0.001
Centímetro	0.3970 pulg	0.010
Decímetro	3.93700 pulg	0.100
	1.09360 yard	
Metro	3.28080 pies	
	39.37000 pulg	1.000
Decámetro		10.000
Hectómetro		100.000
Kilometro		1000.000
Pulgada		0.0254
Pie		0.3048
	3.00000 pies	
Yarda	36.00000 pulg	0.9144
	1760.00000	
	yard	
Milla	5280.00000	1609.3410
	pies	
Vara		0.8380
Legua		4019.0000

Fuente: Dante Alcántara, 2014.

Además, existen sistemas de medición angular:

Sexagesimal: se considera una circunferencia dividida en 360 partes iguales denominados grados, cada grado se divide en 60 minutos y cada minuto a su vez en 60 segundos.

Tabla 13

Sistema de unidades angular sexagesimales.

Sistema sexagesimal	
1 Giro	360°
1°	60´
1´	60"
1°	3600"

Fuente: Dante Alcántara, 2014.

Centesimal: la circunferencia se divide en 400 grados, cada grado en 100 minutos y cada minuto en 100 segundos.

Tabla 14

Sistema de unidades angular centesimal.

Sistema centesimal	
1 Giro	400 ^g
1 ^g	100 ^m
1 ^m	100 ^s

Fuente: Dante Alcántara, 2014.

Estación total Spectra Precision serie Focus 2.

La serie de Focus 2 ofrece un fácil manejo de la estación que cuenta con un teclado ergonómico fácil de manejar, en la cual cuenta con códigos rápidos para brindar una mayor eficiencia en campo, mostrando aquí las partes de la estación total Focus 2.

Figura 33

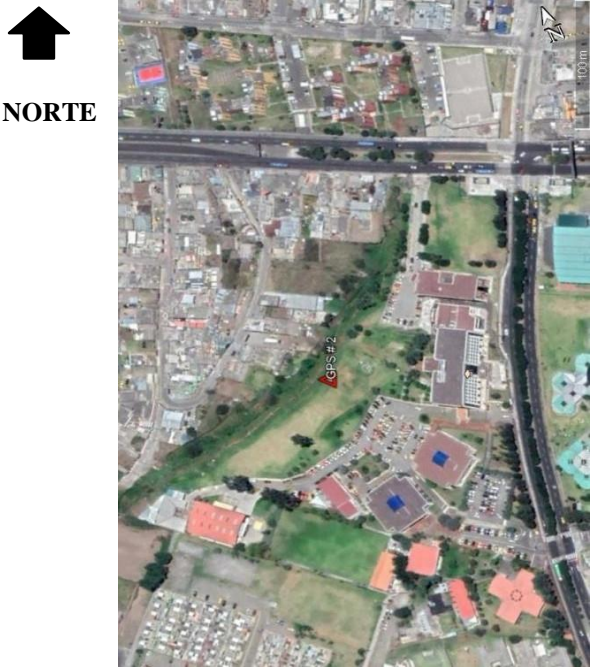

Partes de la estación total Focus 2.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Monografía

Datos del punto de control.

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 02 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'54,51453"S	NORTE (m):	9968822,893
LONGITUD (° ‘ ”):	78°33'01,98273"O	ESTE (m):	772642,717
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2909,829	ELEVACIÓN (m):	2884,143
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		080	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
 <p>NORTE</p>		 <p>UBICACIÓN El hito se encuentra ubicado frente al bloque "B" a 80 (metros) en dirección N 60°W cruzando los parqueaderos, junto a la quebrada.</p>	
ACCESIBILIDAD			
<p>Partiendo desde el centro comercial "Quicentro SUR", nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque "B" (secretaría) atrás de los parqueaderos.</p>			
<p>Elaborado por:</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIANTES DE LA U.P. S</p>			

2.1.3.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

Figura 34

Identificación de las herramientas.



Elaborado por: La autora.

2.1.3.1.6 Procedimiento.

1. Se ubicará en el terreno un punto de partida geodésico conocido con un sistema de coordenadas UTM, que constará con una monografía adjunta.

Figura 35

Punto de control GPS-2.



Elaborado por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto geodésico conocido en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable, para brindar una buena visualización al topógrafo y se encuentre cómodo al momento de visualizar los puntos necesarios.

Figura 36

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Comprobar la posición del trípode, se mira por el orificio del centro en la cabeza del trípode para fijar el trípode aproximadamente en el centro del punto geodésico.

Figura 37

Plantada del trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se presiona las puntas metálicas de las patas del trípode firmemente contra la superficie del suelo y se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas, presionando una pata fijamente y dos patas queden semi presionadas para centrar al punto geodésico.

Fijar y presionar el trípode.



- Identificación de la tarjeta SD.*



- 62

cabeza del trípode y se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 40

Colocación de la estación total.



Elaborado por: La autora.

7. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lámpara se encienda de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lámpara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).
8. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto geodésico y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas

hasta encontrar el punto geodésico, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto geodésico y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.

Figura 41

Visualización del punto de control.



Elaborado por: La autora.

9. Se procede a nivelar la estación total, se manipula las abrazaderas de la pata del trípode y ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 42

Centrado del equipo

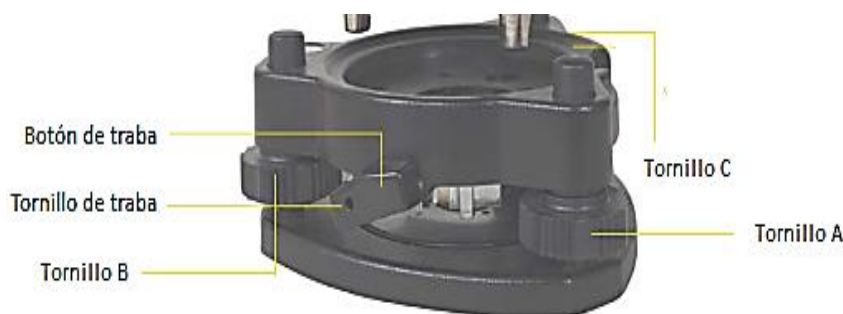


Elaborado por: La autora.

10. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 43

Localización de los tornillos.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 44

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

11. Se verifica de nuevo mediante la plomada óptica que se encuentre correctamente centrada al punto geodésico conocido.

Figura 45

Visualización mediante la plomada óptica.



Elaborado por: La autora.

12. Correctamente centrado y nivelado el equipo, se procede a ubicar el norte magnético con la brújula. Se coloca la brújula en la base del telescopio como se indica en la imagen, ubicada la brújula y la estación total paralelas se direccionada al norte magnético con un ángulo de 0° y se ajusta el tornillo tangencial horizontal para que se mantenga fijamente la estación total.

Figura 46

Ubicación del norte magnético.



Elaborado por: La autora.

13. Se enciende el equipo

Figura 47

Encender el equipo



Elaborado por: La autora.

14. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los datos existentes en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format) y por último se aparece una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

Figura 48

Opción menú.



Elaborado por: La autora.

Figura 49

Opción formatear el equipo.



Elaborado por: La autora.

Figura 50

Inicializando el equipo.



Elaborado por: La autora.

15. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido) debido a que partiremos de un punto geodésico con coordenadas UTM conocidas y se presiona Enter.

Figura 51

Punto de partida mediante un punto conocido.



Elaborado por: La autora.

16. Se abre la siguiente pestaña, donde indica si partiremos mediante coordenadas o un ángulo de referencia, como en esta práctica se procede a realizar la toma de datos mediante un ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angul) y se presiona Enter.

Figura 52

Angulo de referencia.



Elaborado por: La autora.

17. Se nombra “GPS 2” al punto de partida donde se encuentra ubicada la estación y se presiona Enter.

Figura 53

Nomenclatura del punto de partida.



Elaborado por: La autora.

18. Consecuentemente se introduce los datos de la altura instrumental (AI: 1.382 m) que se mide desde la cara superior del clavo hasta el eje de referencia de la estación.

Figura 54

Medición de la altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

19. Se presiona Enter, aparece una pestaña para colocar las coordenadas UTM y la cota de la monografía adjunta existente del punto de partida de la estación total N, E y Z; se coloca un código alfa numérico como futura referencia.

Figura 55

Introducción de las coordenadas UTM.



Elaborado por: La autora.

20. Se presiona Enter, aparece la pestaña (AZ) indicando que se coloque un ángulo de referencia o un azimut, por lo que se digita directamente un azimut 0° como un ángulo de referencia de acuerdo al paso 10 anteriormente mencionado.

Figura 56

Norte magnético.



Elaborado por: La autora.

21. Se presiona dos veces Enter y aparece la pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada y lista para usar.

Figura 57

GrabDatsESTACIO!



Elaborado por: La autora.

Figura 58

GrabDatosCrudos!



Elaborado por: La autora.

22. Se procede a medir la altura del prisma (AO: 1.596 m) desde la punta metálica hasta el centro del prisma.

Figura 59

Medición de la altura del prisma AO.



Elaborado por: La autora.

23. Se introduce en la siguiente pestaña la altura del prisma AO: 1.596 m, se presiona Enter y se procede a visualizar la toma de puntos.

Figura 60

Introducir la altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

24. Se procede a verificar que este correctamente orientado al norte magnético, se tomara dos puntos, una direccionado al Este que nos debe dar un ángulo de 90° y al Oeste con un ángulo de 270° . Estos son datos aproximados para verificar su orientación.

Figura 61

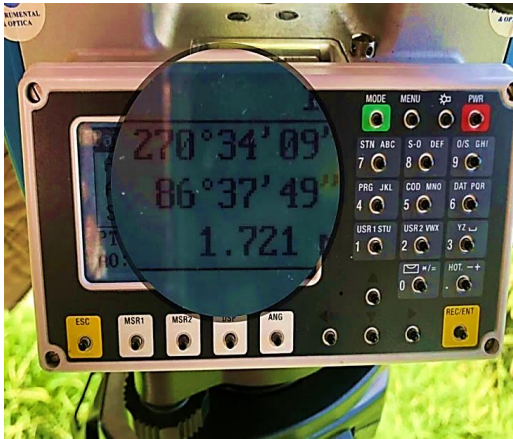
Toma de azimut al Este.



Elaborado por: La autora.

Figura 62

Toma de azimut al Oeste.



Elaborado por: La autora.

25. Finalmente, se exporta los puntos a una memoria SD. Se presiona la opción Menú, digitando la opción 1 (Trabajo) y se presiona Enter; se selecciona el trabajo creado y se presiona Enter. Se presiona ESC y se vuelve a la opción Menú, se digita la opción 5 (Comunicaciones); se verifica el modo de empleo a exportar los puntos, se presiona la opción 3 (Import/Export SD) y se presiona Enter, indicando el modo de exportación presionamos la opción 1 (Export a SD) y se presiona Enter, mostrando la pestaña de las especificaciones del trabajo a exportar, se vuelve a presionar Enter dos veces. Se procede a nombrar el trabajo a exportar a la memoria SD y se presiona Enter, indicando la cantidad de puntos a exportar y se presiona comenzar y se presiona nuevamente Enter comenzando a exportar los puntos, los puntos del trabajo se encuentran guardados en la memoria SD, terminando se introduce la memoria SD en el computador y se procede a la descarga de datos txt o cvs.

2.1.3.1.7 Conclusiones.

- Se concluye que si se realiza un correcto montaje de la estación total en la que se encuentre correctamente nivelada y centrada de acuerdo al punto de partida, nos dará una mayor precisión en los resultados al momento de realizar un levantamiento topográfico.
- Mediante el norte magnético ubicando en la estación total el ángulo de referencia de $0^{\circ}00'00''$ se concluye que de acuerdo a los puntos cardinales al Este nos dará como resultado un ángulo de $90^{\circ}00'00''$ en sentido horario de un punto cualquiera no materializado y al Oeste un ángulo de $270^{\circ}00'00''$ en sentido horario de un punto cualquiera no materializado, lo que cumple con la verificación de los puntos cardinales.

2.1.3.1.8 Recomendaciones.

- Se recomienda realizar correctamente la nivelación del equipo ya que es un paso importante para que exista una mayor precisión en los resultados.
- Verificar la correcta orientación del ángulo de referencia al norte magnético con la ayuda de la brújula, caso contrario una mala orientación en este paso dará resultados erróneos en la medición de ángulos.
- Se sugiere comunicar al cadenero que mantenga correctamente centrado y nivelado el prisma con el fin de brindar una mayor precisión en su resultado.

2.1.3.1.9 Croquis.

Figura 63

Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.3.2 Enlace desde un punto conocido hacia otro punto conocido.

2.1.3.2.1 Introducción.

La práctica consiste en georreferenciar mediante la estación total un levantamiento topográfico, mediante el procedimiento de un enlace desde un punto geodésico conocido a otro punto geodésico conocido de un sistema de coordenadas UTM. En el que se proyectará sobre un plano horizontal imaginario, se asume que es la superficie de la tierra y se miden distancias horizontales; no es necesario las diferencias relativas de elevaciones entre los diferentes puntos del terreno, donde dicha orientación partirá mediante coordenadas UTM como referencia, se verificará las coordenadas UTM mediante un punto geodésico y cumpla con tolerancia permitida.

2.1.3.2.2 Objetivos.

1. Realizar correctamente el centrado y puesta de la estación total mediante la utilización de dos puntos geodésicos conocidos.
2. Enlazar dos puntos geodésicos mediante el uso de la estación total a través de coordenadas UTM, de manera que este enlace cumpla con la tolerancia y que las coordenadas dadas por la estación total sean lo más aproximadas a las coordenadas UTM reales de los puntos geodésicos conocidos.
3. Georreferenciar la estación total para el inicio del levantamiento topográfico.

2.1.3.2.3 Alcance.

Un levantamiento topográfico se realiza en base a una georreferencia mediante coordenadas UTM, para determinar la ubicación de un punto, en el cual partirá su orientación desde un punto geodésico conocido a otro punto geodésico conocido con la finalidad se realizar el levantamiento topográfico georreferenciado mediante el uso de la estación total.

2.1.3.2.4 Fundamento teórico.

Coordenadas UTM: Las coordenadas UTM o Universal Transversal de Mercator es un sistema de coordenadas basadas en la proyección cartográfica que trabaja en conjunto con el sistema WGS-84, utilizadas para determinar un lugar de un punto sobre la superficie de la tierra que sirve como referencia mostrado en una cuadrícula, donde muestra en el eje X las abscisas y en el eje Y las ordenadas, las unidades de ambas direcciones se encuentran en metros.

Los puntos constaran de coordenadas UTM, como, por ejemplo:

Tabla 15

Ejemplo de coordenadas UTM.

Nro	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m)
GPS 1	9999999.999	499999.999	2999.999
GPS 2	9888888.889	488888.889	2889.990

Elaborado por: La autora.

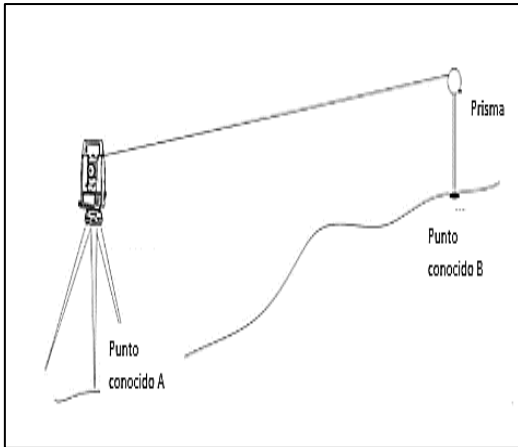
Distancia.

Es la separación que existe entre dos puntos sobre la superficie terrestre que forman una alineación, ya que en la actualidad mediante la estación total los trabajos topográficos brindan una mejor precisión en la medición de distancias horizontales y verticales, aunque en frecuencia se miden inclinadas y se reduce a su equivalente en su proyección horizontal antes de usarse, mediante la ayuda de componentes auxiliares como lo son la pendiente o los ángulos verticales.

Este segundo método de enlace entre dos puntos geodésicos conocidos es planimétrico, en ocasiones se emplea la intersección directa para el levantamiento de puntos de difícil acceso y en los cuales resultaría difícil, e incluso peligroso, situar una señal de puntería. El procedimiento operativo consiste en estacionar el equipo en un punto geodésico conocido y visar desde donde se encuentra estacionada la estación hasta el otro punto geodésico conocido mediante un prisma con la finalidad de medir distancias horizontales y verticales.

Figura 64

Representación de la práctica.



Elaborado por: La autora.

Condiciones básicas para medir en topografía:

- Todos los ángulos medidos en topografía se consideran planos.
- Se considera recta a toda línea que une 2 puntos sobre la superficie de la tierra.
- La dirección de la plomada, se considera que es la misma dentro de los límites del levantamiento.
- En topografía no se considera la verdadera forma de la superficie de la tierra, sino se supone como una superficie plana.

Precisiones y tolerancias.



El grado de precisión para cualquier tipo de medición depende de los métodos e instrumentos a utilizar, además de otras condiciones que influyen en los levantamientos. Las mediciones son correctas dentro de ciertos límites durante un levantamiento, por el motivo de que existen errores que no se permiten eliminar totalmente.



La precisión relativa es la relación entre la precisión de una medida dada y el valor de la medición, será basada en términos de medición de distancias, se expresa en porcentaje o en

proporción fraccionaria como 1:5000, 1:10000, en el cual obtendremos un error de un metro en 10000 m de una distancia medida, de tal modo que estos términos serán utilizados como la tolerancia en la medición de un levantamiento. Las mediciones de ángulos, se deben realizar de tal forma que la diferencia entre las presiones angulares y lineales no sean grandes, de tal modo que un error angular de $01''$ corresponde a un error de 2cm en 100 m.

Monografía.

Datos de los puntos de control.

PROYECTO:		QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS “SUR”	
NOMBRE DEL PUNTO:		GPS 01 – (U.P.S)	
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'50.75855" S	NORTE (m):	9968938,295
LONGITUD (° ‘ ”):	78°32'58.42301" O	ESTE (m):	772752,871
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2902,665	ELEVACIÓN (m):	2876,978
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		079	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
<p>En NORTE</p> 			
ACCESIBILIDAD		UBICACIÓN	
<p>Partiendo desde el centro comercial “Quicentro SUR”, nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana por la Av. Moran Valverde con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada a un lado del departamento de pastoral junto a la garita de ingreso.</p>		<p>El hito se encuentra ubicado a un lado del departamento de pastoral junto a la garita de ingreso de la Av. Moran Valverde.</p>	
Elaborado por:			
ESTUDIANTES DE LA U.P. S			

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 02 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'54,51453"S	NORTE (m):	9968822,893
LONGITUD (° ‘ ”):	78°33'01,98273"O	ESTE (m):	772642,717
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2909,829	ELEVACIÓN (m):	2884,143
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		080	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
 <p>NORTE</p>			
		UBICACIÓN	
		El hito se encuentra ubicado frente al bloque "B" a 80 (metros) en dirección N 60°W cruzando los parqueaderos, junto a la quebrada.	
ACCESIBILIDAD			
Partiendo desde el centro comercial "Quicentro SUR", nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque "B" (secretaria) atrás de los parqueaderos.			
Elaborado por:			
ESTUDIANTES DE LA U.P. S			

2.1.3.2.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

Figura 65

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.3.2.6 Procedimiento.

1. Se ubicará en el terreno un punto de partida geodésico conocido con un sistema de coordenadas UTM, que constará con una monografía adjunta.

Figura 66

Punto de control GPS-1.



Elaborado por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto geodésico conocido en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable, para brindar una buena visualización al topógrafo y se encuentre cómodo al momento de visualizar los puntos necesarios.

Figura 67

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Comprobar la posición del trípode, se mira por el orificio del centro en la cabeza del trípode para fijar el trípode aproximadamente en el centro del punto geodésico.

Figura 68

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se presiona las puntas metálicas de las patas del trípode firmemente contra la superficie del suelo y se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas, presionando una pata fijamente y dos patas queden semi presionadas para centrar al punto geodésico.

Figura 69

Presionar las patas metálicas del trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se verifica que la memoria o tarjeta SD se encuentre introducida, debido a que el equipo tendrá donde almacenar datos, con el motivo de poder exportar los datos tomados en campo. La capacidad máxima de almacenamiento de datos es de 10.000 puntos completos con datos RAW.

Figura 70

Identificación de la tarjeta SD.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

6. Se retira el instrumento de su protector y se verifica que no se encuentre ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode y se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 71

Ajustar la estación total.



Elaborado por: La autora.

7. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lampara se encendida de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lampara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).
8. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto geodésico y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el punto geodésico, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto geodésico y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente..

Figura 72

Aplomar el equipo.



Elaborado por: La autora.

9. Se procede a nivelar la estación total, se manipula las abrazaderas de la pata del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 73

Centrar el equipo.

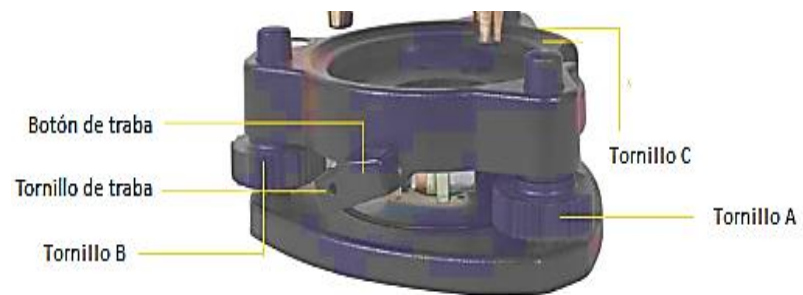


Elaborado por: La autora.

10. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 74

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 75

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

11. Se verifica de nuevo mediante la plomada óptica que se encuentre correctamente centrada al punto geodésico conocido.

Figura 76

Verificar aplomada del equipo.



Elaborada por: La autora.

12. Se enciende el equipo.

Figura 77

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

13. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los resultados existente en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

14. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido) debido a que partiremos de un punto geodésico con coordenadas UTM conocidas y se presiona Enter.

Figura 78

Punto de partida.



Elaborada por: La autora.

15. Se abre la siguiente pestaña, donde indica si partiremos mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma de datos mediante coordenadas de referencia, se ubica en la opción 1 (XYZ) y se presiona Enter.

Figura 79

Medición a partir de coordenadas.



Elaborada por: La autora.

16. Se nombra al punto de partida donde se encuentra ubicada la estación y se presiona Enter; consecuentemente se introduce los datos de la altura instrumental (AI:1.362 m) que se mide desde la cara superior del clavo hasta el eje de referencia de la estación.

Figura 80

Nomenclatura del punto de partida.



Elaborada por: La autora.

17. Se presiona Enter, aparece la siguiente pestaña que nos indica que digitemos las coordenadas UTM del punto de partida de la estación total N, E y Z (los datos están adjuntos en la monografía de la práctica que será el punto geodésico conocido GPS 1); se coloca un código de referencia para brindar una mayor guía al momento de querer revisar los datos.

Figura 81

Coordenadas UTM.

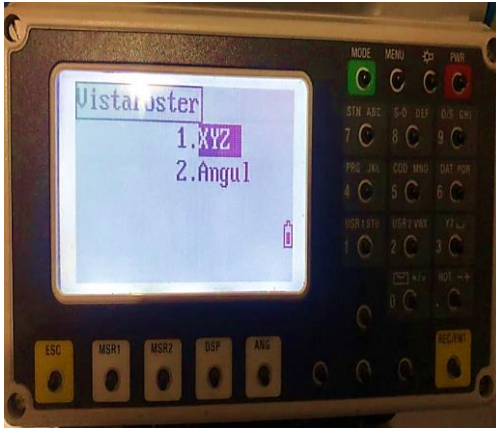


Elaborada por: La autora.

18. Se presiona Enter y aparece la pestaña indicando la vista posterior, del cual partirá mediante coordenadas UTM, se presiona la opción 1 (XYZ).

Figura 82

Selección de medición



Elaborada por: La autora.

19. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionara en el punto (GPS 2), no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma, se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos indica que digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (GPS 2) y la altura del prisma (AO: 2.276 m), por último, se presiona Enter.

Figura 83

Altura del prisma.



Elaborada por: La autora.

20. Aparece la pestaña donde debemos digitar las coordenadas UTM y la cota del punto a visualizar (los datos están adjuntos en la monografía de la práctica que será el punto geodésico conocido GPS 2) y se presiona Enter.

Figura 84

Coordenadas UTM del punto geodésico.



Elaborada por: La autora.

21. Se orienta la estación total al punto a visar (GPS 2). Se le comunica al cadenero que se mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente, por último, se procede a presionar (MSR1) y de nuevo se vuelve a presiona dos veces Enter donde aparece que la pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada y enlazada lista para usar.

Figura 85

GrabDatsESTACIO!



Elaborada por: La autora.

Figura 86

GrabDatosCrudos!



Elaborada por: La autora.

22. Se realiza la comprobación, con la estación total ubicada en el punto (GPS 1) y georreferenciada se visualiza al prisma ubicado en el punto geodésico conocido (GPS 2) ajustando los tornillos del telescopio para fijar en el visar en el centro del prisma, se vuelve a visualizar para verificar que este correctamente enlazado mediante las coordenadas del punto GPS 2. Se presiona MSR1/Enter fijado el visar en el prisma se procede a disparar al punto

geodésico conocido (GPS 2) en el cual nos debe dar como resultado las mismas coordenadas ya digitadas, donde por motivos de movimiento del prisma arroja resultados tolerables.

Figura 87

Resultados de enlace.



Elaborada por: La autora.

Tabla 16

Coordenadas UTM.

Coordenadas UTM (m)	
N	9968822.909
E	772642.732
Z	2884.120

Elaborada por: La autora.

2.1.3.2.7 Conclusiones.

- Se concluye que, si se realiza un correcto montaje de la estación total en la que se encuentre nivelado y centrado el equipo al punto de partida, nos dará una mayor precisión en los resultados siempre y cuando al punto a visar se enlace correctamente con el otro punto geodésico conocido GPS 1 y GPS 2, la estación total se encuentra lista para realizar un levantamiento topográfico
- Se realiza la diferencia de coordenadas UTM conocidas y las coordenadas obtenidas mediante la estación total, los datos obtenidos son permisibles, en el que depende de la presión del prisma que se puede mover hacia adelante o hacia atrás, o también de lado izquierdo o derecho, además dependerá del estado climático del día y del equilibrio del cadenero; verificando los resultados obtenidos por la estación total nos dio máximo 23 mm de error que en este caso son aceptables los datos obtenidos.

Tabla 17

Resultado de las diferencias de coordenadas.

	Coordenadas UTM (Geodésicas)	Coordenadas UTM (Estación total)	Diferencia de coordenadas
	m	m	mm
N	9968822.893	9968822.909	16.000
E	772642.717	772642.732	15.000
Z	2884.143	2884.120	23.000

Elaborada por: La autora.

2.1.3.2.8 Recomendaciones.

- Se recomienda que si existe diferencia en las coordenadas mediante el enlace por la estación total se vuelva a realizar el enlace hasta que no exista mucha diferencia entre las coordenadas reales y las coordenadas obtenidas.

- Se sugiere verificar a través de los ciertos límites en la medición de un levantamiento que si cumple las tolerancias.
- Comunicar al cadenero que mantenga un correcto equilibrio en el centrado del prisma para que no exista demasiados errores en los datos y sobre todo que no sobre pase la tolerancia del trabajo.
- No se recomendable realizar la práctica cuando en el estado climático existe demasiado viento ya que por ese motivo el prisma no se puede mantener estable o en equilibrio.

2.1.3.2.9 Croquis.

Figura 88

Ubicación de los puntos geodésicos.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.3.3 Enlace mediante trisección desde un punto desconocido hacia dos puntos conocidos.

2.1.3.3.1 Introducción.

La práctica consiste en georreferenciar mediante la estación total un levantamiento topográfico, se utilizará el método de la trisección que es el más común en campo, en el que se ubicará en un punto desconocido del terreno o de un predio con la visualización como mínimo a dos puntos geodésicos conocidos formando una trisección; se asume que es la superficie de la tierra un plano horizontal imaginario, se miden distancias horizontales y ángulos, que constara de un sistema de coordenadas UTM. Este método prácticamente es el más usado para cualquier trabajo topográfico tanto sea una obra vial o un levantamiento topográfico de un terreno o un predio, para obtener coordenadas de un punto desconocido, además se obtiene una mayor precisión en los datos de coordenadas aproximadas.

2.1.3.3.2 Objetivos.

1. Realizar correctamente el centrado y puesto de operación de la estación total mediante dos puntos geodésicos conocidos y un punto desconocido.
2. Ubicar correctamente las coordenadas UTM en los dos puntos geodésicos conocidos del terreno como georreferencia para obtener las coordenadas del punto desconocido.
3. Comprobar mediante dos puntos materializados si la referencia de las coordenadas UTM se encuentra correctamente referenciadas.

2.1.3.3.3 Alcance.

El método de la trisección se realiza en base a dos puntos geodésicos conocidos como mínimo para obtener las coordenadas UTM aproximadas de un punto desconocido, mediante un enlace de

coordenadas, verificar el margen de error de distancia horizontal y vertical, con la finalidad de realizar un levantamiento topográfico.

2.1.3.3.4 *Fundamento teórico.*

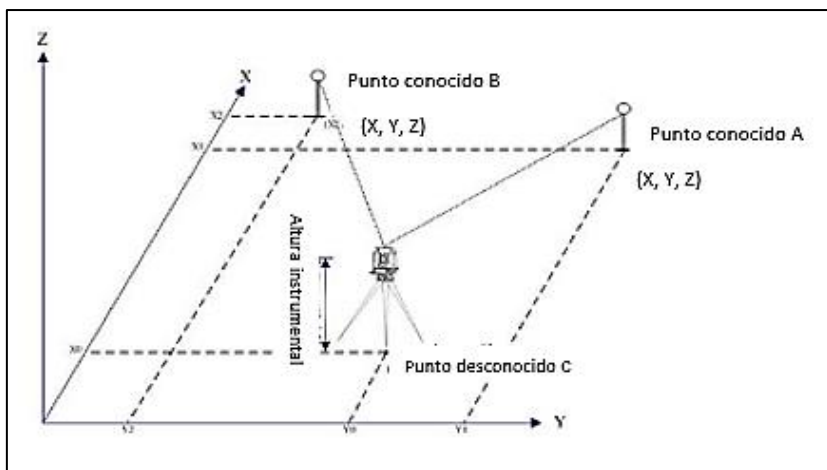
Método de la trisección.

Es un método planimétrico, en el que consiste en ubicar dos puntos geodésicos conocidos A y B, un observador en un punto desconocido C así formando una trisección, cuyos vértices constaran de coordenadas UTM reales.

Este método se realiza en el montaje de la estación total en un punto desconocido C del terreno o de un predio, cuya finalidad sea visibilizar a los dos puntos geodésicos conocidos A y B ubicados a extensas distancias, llegando a formar una trisección con 3 alineaciones para obtener las coordenadas del punto desconocido con la finalidad de georreferenciar la estación total para realizar un levantamiento topográfico. La trisección configura la estación total utilizando medidas de ángulos y distancias a puntos conocidos, brindando una correcta precisión en sus datos. Verificar la tolerancia de cierre de la trisección donde no debe sobrepasar un centímetro en horizontal y vertical para cumplir con el requisito de trabajo establecido, si en un levantamiento topográfico el error da más de un centímetro es tolerable ya que no se requiere de demasiada precisión.

Figura 89

Representación del método de la trisección.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

En el que cada punto obtendrá sus coordenadas al N, E y Z; este tipo de coordenadas serán interpretadas de la siguiente manera:

Tabla 18

Interpretación de las coordenadas.

Descripción	N	E	Z
Punto A	X1	Y1	Z1
Punto B	X2	Y2	Z2
Punto C	Xo	Yo	Zo



1



Elaborada por: La autora.

Este método es útil como referencia para un levantamiento topográfico que es el estudio técnico que abarca las características geográficas, físicas y geológicas del terreno o de un predio. Además, sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones.

MONOGRAFÍA

Datos de los puntos geodésicos de partida.

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 01 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'50.75855" S	NORTE (m):	9968938,295
LONGITUD (° ‘ ”):	78°32'58.42301" O	ESTE (m):	772752,871
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2902,665	ELEVACIÓN (m):	2876,978
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		079	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
 <p>NORTE</p>			
		UBICACIÓN	
		El hito se encuentra ubicado a un lado del departamento de pastoral junto a la garita de ingreso de la Av. Moran Valverde.	
ACCESIBILIDAD			
Partiendo desde el centro comercial "Quicentro SUR", nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana por la Av. Moran Valverde con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada a un lado del departamento de pastoral junto a la garita de ingreso.			
Elaborado por:			
ESTUDIANTES DE LA U.P. S			

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 02 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'54,51453"S	NORTE (m):	9968822,893
LONGITUD (° ‘ ”):	78°33'01,98273"O	ESTE (m):	772642,717
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2909,829	ELEVACIÓN (m):	2884,143
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		080	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
			
ACCESIBILIDAD		UBICACIÓN	
<p>Partiendo desde el centro comercial “Quicentro SUR”, nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque “B” (secretaría) atrás de los parqueaderos.</p>		<p>El hito se encuentra ubicado frente al bloque “B” a 80 (metros) en dirección N 60°W cruzando los parqueaderos, junto a la quebrada.</p>	
<p>Elaborado por:</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIANTES DE LA U.P. S</p>			

2.1.3.3.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

Figura 90

Identificación de los equipos.



Elaborador por: La autora.

2.1.3.3.6 Procedimiento.

1. Se ubicará la estación total en un punto desconocido no georreferenciado desde el cual se tenga una visualización a los dos puntos geodésicos conocidos, se procede a armar el trípode sobre el punto seleccionado, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 91

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

2. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 92

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 93

Plantada del trípode.



Elaborada por: La autora.

4. Se verifica que la memoria o tarjeta SD se encuentre introducida, debido a que el equipo tendrá donde almacenar datos, con el motivo de poder exportar los datos tomados en campo. La capacidad máxima de almacenamiento de datos es de 10.000 puntos completos con datos RAW.

Figura 94

Identificación de la tarjeta SD.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la

cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 95

Colocación de la estación total.



Elaborada por: La autora.

6. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lámpara se enciende de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lámpara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).
7. Se procede a nivelar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas metálicas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 96

Centrado del equipo.

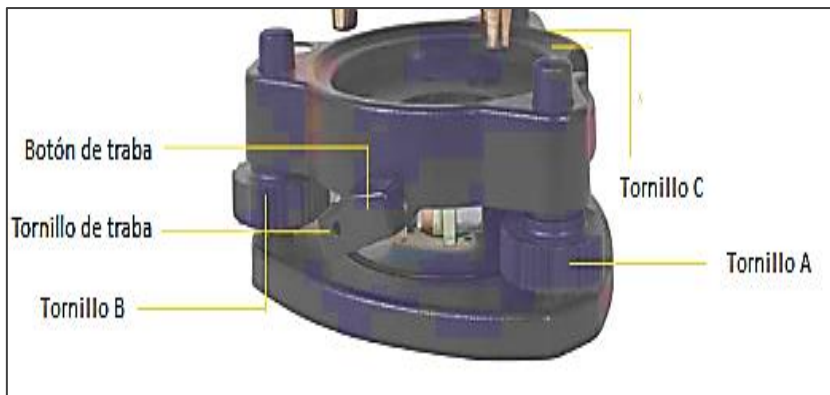


Elaborada por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 97

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 98

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 99

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los resultados existente en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña donde se va a la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se coloca en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que aparezca una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

Figura 100

Opción de menú.



Elaborada por: La autora.

Figura 101

Opción de formatear.



Elaborada por: La autora.

Figura 102

Opción de inicializando.



Elaborada por: La autora.

11. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 2 (Reseccio) y se presiona Enter.

Figura 103

Método de medición (Resección).



Elaborada por: La autora.

12. Se les dice a los cadeneros que se ubique en la cara superior del clavo del punto GPS 1 y del GPS 2 que serán los puntos de control que mantenga correctamente nivelado y centrado el prisma.
13. Aparece la pestaña donde toca digitar la nomenclatura del punto geodésico conocido (GPS-1) y la altura del prisma (AO: 1.522 m).

Figura 104

Altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

14. Se abre la siguiente pestaña donde digitamos las coordenadas UTM reales del punto a visar que es el punto GPS 2 y se presiona Enter.

Figura 105

Coordenadas UTM del punto geodésico GPS-2.



Elaborada por: La autora.

15. Se visualiza el punto GPS 2, se fija la estación con el tornillo tangencial horizontal y se procede a visualizar por el lente ocular del telescopio el prisma, se ajusta el enfoque del telescopio, mediante el aro de la dioptría y el tornillo tangencial horizontal se fija en el centro del prisma.

Figura 106

Visualización a los puntos geodésicos.



Elaborada por: La autora.

16. Se presiona Enter y aparece la siguiente pestaña donde se encuentra lista la estación total para visar el punto geodésico conocido, menciona al cadenero que mantenga nivelado y centrado el prisma.

Figura 107

Primer punto a visar.



Elaborada por: La autora.

17. Se procede a visualizar al punto GPS 2 para georreferenciar dicho punto y presiona MSR1 y se presiona dos veces Enter.

Figura 108

Resultado de la distancia al punto GPS 2.



Elaborada por: La autora.

18. Se abre la siguiente pestaña que nos pide que coloquemos los datos del segundo punto geodésico conocido GPS 1, colocar la altura instrumental y sus coordenadas UTM.

Figura 109

Datos del segundo punto a visar.



Elaborada por: La autora.

Figura 110

Coordenadas del segundo punto geodésico GPS-1.



Elaborada por: La autora.

19. Se presiona Enter y se realiza el mismo procedimiento anteriormente mencionado en el paso 13, 14 y 15; pero en cambio al punto geodésico conocido (GPS 1).

Figura 111

Resultados del segundo punto a visar.



Elaborada por: La autora.

20. Se presiona Enter dos veces para que se guarden los datos crudos y aparece la pestaña de resección donde arroja los errores en campo.

Figura 112

Resultados del método de la trisección.



Elaborada por: La autora.

21. Por último, obtenemos las coordenadas UTM del punto desconocido, se presiona (Grab) y Enter.

Figura 113

Resultados de las coordenadas UTM donde se encuentra ubicado el equipo.



Elaborada por: La autora.

22. La estación se encuentra referencia para realizar un levantamiento topográfico.

2.1.3.3.7 Conclusiones.

- Mediante el método de la trisección los resultados deben ser menor igual a un centímetro en distancia y en cota, ya que nos dio como resultado en distancia 0.8 cm y en la cota de 0.8 cm este resultado se encuentra dentro del límite de tolerancia, para garantizar un trabajo de calidad y precisión.
- Con los dos puntos geodésicos conocidos y el punto desconocido no materializado se concluyó que las coordenadas UTM del punto donde se ubicó la estación total son correctas, dando como resultado coordenadas de 9968822.724 m N, 772681.346m E y 2885.521m Z, con estas nuevas coordenadas sirve como referencia para ubicarnos en el terreno y poder realizar cualquier trabajo topográfico.

Tabla 19

Diferencia de coordenadas UTM.

Nro. Punto		Coordenadas UTM	Coordenadas UTM
		(Geodésicas)	(Estación total)
		m	m
A	N	9968822.893	9968822.724
	E	772642.717	772642.732
	Z	2884.143	2884.120
B	N	9968938.295	9968938.247
	E	772752.871	772752.881
	Z	2876.978	2876.986

Elaborada por: La autora.

2.1.3.3.8 Recomendaciones.

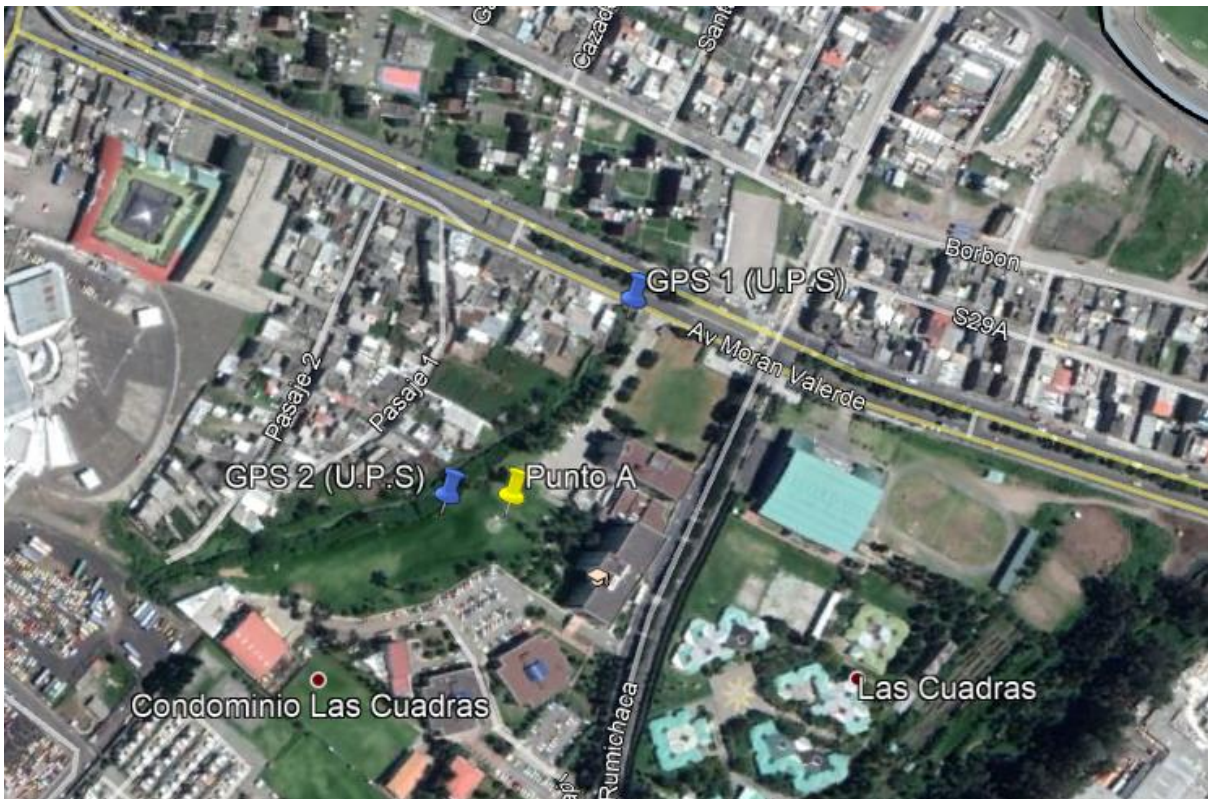
- Se recomienda que si los resultados obtenidos de distancia y cotas sobrepasan el centímetro se vuelva a realizar la práctica por el motivo de que no existirá precisión en los resultados obtenidos, por lo tanto, será un trabajo sin precisión.

- Se sugiere realizar este procedimiento de la trisección para georreferenciar, ya que es el más rápido y utilizado en el campo, por el motivo de que brindan una mayor precisión en sus resultados.
- Se recomienda realizar este método en un lugar que no tenga muchos obstáculos al momento de realizar la práctica, con el fin de visualizar los puntos geodésicos conocido sin ningún inconveniente y caso contrario disponer de herramientas como un machete para poder quitar arbustos o malezas que obstaculicen la visualización del punto.

2.1.3.3.9 Croquis.

Figura 114

Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.4 Medición de parámetros topográficos con estación total.

Distancia horizontal, vertical e inclinación.

Medición de ángulo horizontal y vertical.

Medición azimuth y rumbos de una alineación.

Medición de diferencias de nivel.

2.1.4.1 Introducción.

En esta práctica consiste en la medición de parámetros topográficos mediante el empleo de la estación total, aplicando e interpretando las definiciones básicas de topografía, se procederá medir distancias horizontales y distancias verticales en una alineación formadas por dos puntos con diferentes cotas, a partir de un punto geodésico conocido con coordenadas UTM de partida para la estación total y de un punto representando, se ubicará en un terreno donde exista diferencia de niveles en el terreno, de preferencia un terreno llano con una pendiente mayor al 2%. En esta práctica se realizará mediante la estación total donde nos arroja todos los parámetros requeridos tal como ángulos verticales y horizontales, con la finalidad de realizar correcciones mediante el método trigonométrico para brindar una mayor precisión en los resultados y verificar las tolerancias topográficas.

2.1.4.2 Objetivos.

1. Obtener las distancias horizontales y verticales de una alineación formada entre un punto geodésico conocido y punto representado mediante la estación total.
2. Obtener los ángulos horizontales y verticales, cual tendrá como referencia un ángulo de referencia igual a 0° .
3. Medir el azimuth y el rumbo a través de la estación total
4. Calcular la diferencia de nivel del terreno.

2.1.4.3 Alcance.

Mediante el empleo del equipo de la estación total y las herramientas básicas de topografía, se procede a determinar los parámetros topográficos en un terreno con diferencia de nivel, realizar correcciones trigonométricas de la alineación formada entre un punto geodésico, con referencia al norte magnético.

2.1.4.4 Fundamento teórico.

Medición de distancias.

La medición de la distancia es la base de la topografía, existe cuando se forma una alineación con dos puntos en un terreno que constituye de una operación común de trabajos de topografía. Este método dependerá de la importancia y precisión requerida mediante los instrumentos seleccionados para la medición de distancia. Existen 3 tipos de distancias:

- Distancia vertical
- Distancia horizontal
- Distancia inclinada

La precisión en distancias horizontales es de 1:4000 a 1:50000. En la actualidad los topógrafos utilizan equipos electrónicos los cuales son capaces de medir grandes distancias con una alta precisión.

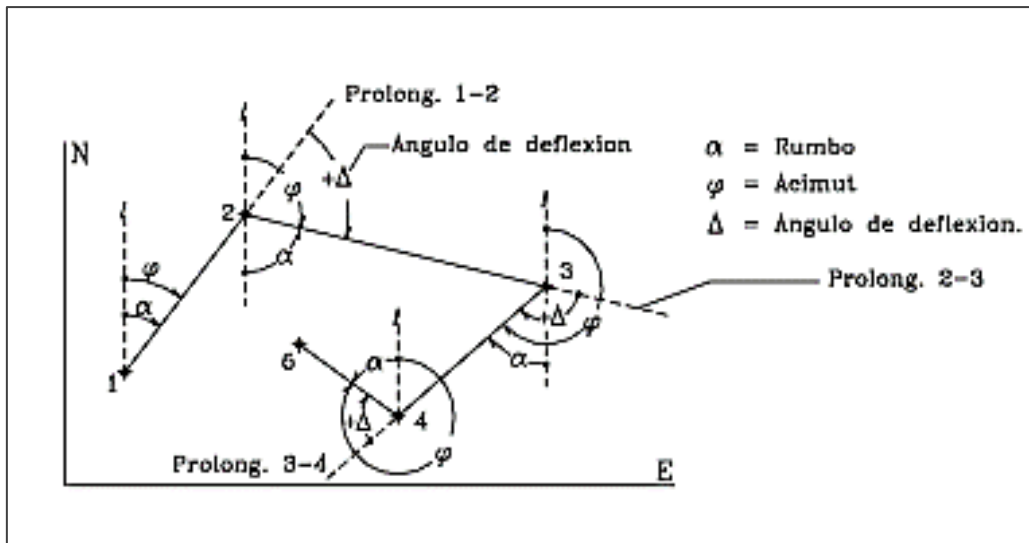
En un terreno con pendiente mayor 2% existe diferencias de niveles, se realiza la diferencia de cotas de los puntos conocidos mediante los resultados obtenidos mediante un instrumento electrónico y los sistemas de satélite.

Ángulos horizontales.

Un ángulo horizontal está conformado por dos tangentes rectas representadas en un plano horizontal. El valor del ángulo horizontal se utiliza para definir la dirección de un alineamiento a partir de una línea que se toma como referencia el norte magnético o norte geográfico.

Figura 115

Interpretación de ángulos horizontales.



Fuente: Curso completo de topografía, 2010.

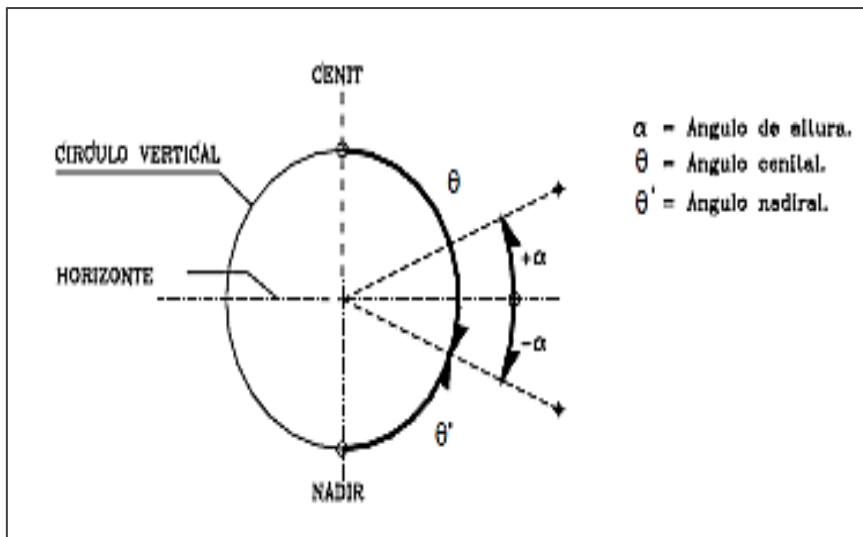
Ángulos verticales.

Una línea vertical está contenida en plano vertical pero que es normal a un plano horizontal, sobre esta línea se miden las diferencias de nivel entre puntos. Los ángulos verticales se miden respecto a una línea vertical o una línea paralela a una superficie.

El ángulo vertical sirve para definir el grado de inclinación de un alineamiento sobre el terreno, se miden sobre un plano vertical, tener claro que el punto que se encuentra en la vertical sobre nosotros es el Cenit y debajo de nosotros el Nadir.

Figura 116

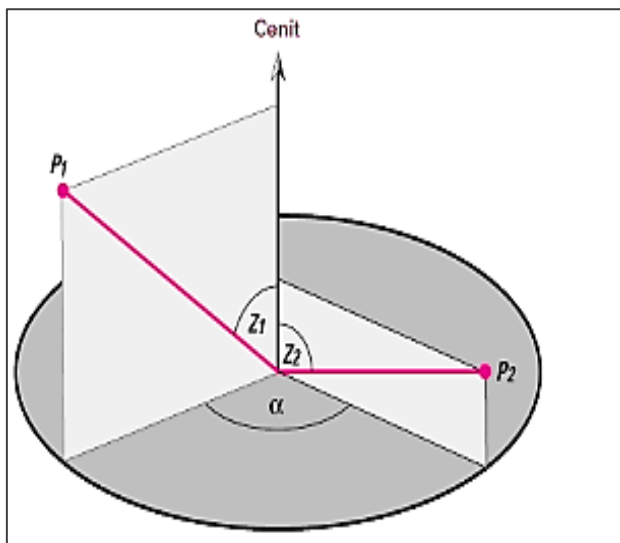
Interpretación de los ángulos verticales.



Fuente: Curso completo de topografía, 2010.

Figura 117

Identificación de los ángulos verticales Z1 y Z2.



Fuente: Propia

Azimut.

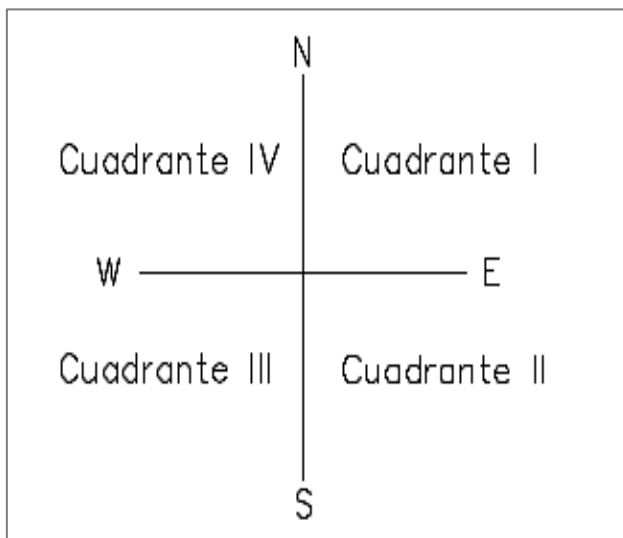
La brújula es una herramienta que consta de puntos cardinales; que permite la toma de azimut, que se mide en sentido horario o en sentido de las manecillas del reloj a partir del norte magnético, con ángulos que varían entre 0° - 360° . Además, permite la orientación del norte magnético.

Rumbo.

El rumbo representa un ángulo agudo se divide en cuadrantes, por consiguiente, si se ubica en el cuadrante I se mide a partir del norte en sentido horario, si se ubica en el cuadrante II se mide a partir del sur en sentido anti horario, si se ubica en el cuadrante III se mide a partir del sur en sentido horario, por último, si se ubica en el cuadrante IV se mide a partir del norte en sentido anti horario. El rumbo se encuentra entre ángulos de 0° a 90° .

Figura 118

Interpretación de los cuadrantes de medición del rumbo.



Fuente: Propia.

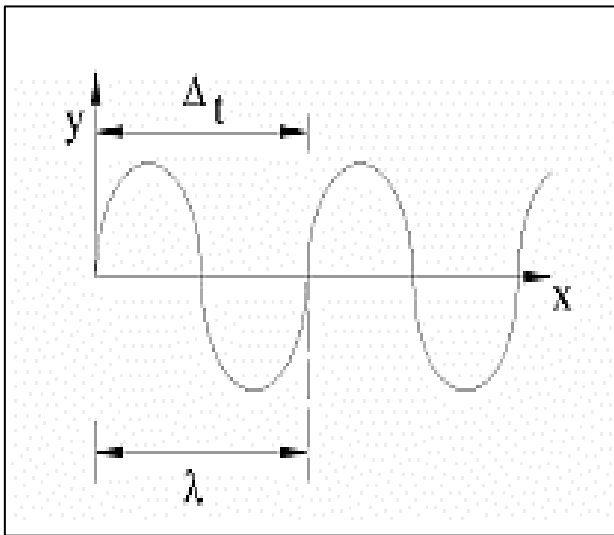
Medición de distancias con distanciómetros electrónicos.

Los distanciómetros electrónicos utilizan ondas luminosas u microondas para determinar distancias.

Las distancias de microondas requieren en ambos extremos de emisores y receptores de onda, en cambio las ondas luminosas requieren de un emisor en un extremo y un refractor o prisma en el extremo opuesto. Los equipos determinan sus resultados por números de ondas, modulados con frecuencia y por último como longitud de onda conocidas.

Figura 119

Interpretación de las ondas luminosas.



Fuente: Curso completo de topografía, 2010.

Parámetros en la medición electrónica de distancias:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Donde:

λ : longitud de onda (m)

V: velocidad (km/s)

f: frecuencia o tiempo en completar una longitud de onda (1 ciclo/s)

$$D = \frac{n\lambda + \phi}{2}$$

Donde:

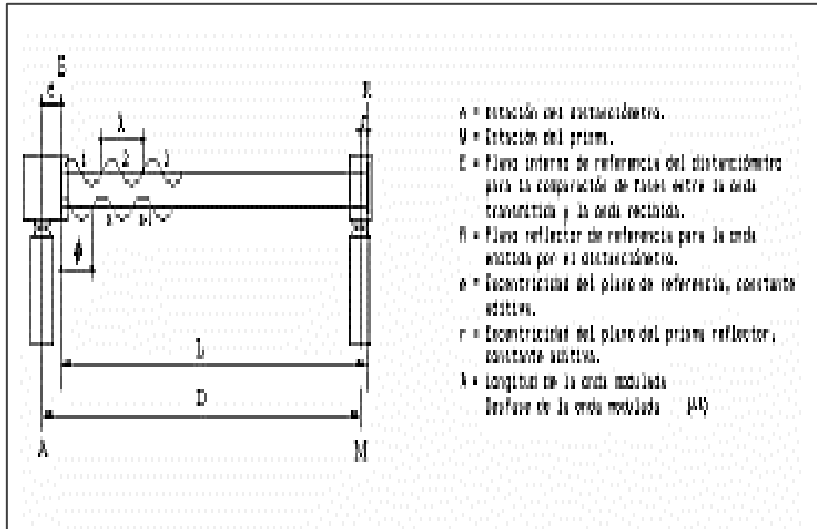
D: distancia a medir (m)

n: número entero de ondas entre el emisor y el receptor medido en ambos sentidos

ϕ : longitud parcial de onda (m)

Figura 120

Medición de distancias con distanciómetro electrónico.



Fuente: Curso completo de topografía, 2010.

$$V = \frac{Vo}{n}$$

Donde:

V: velocidad de la luz en condiciones atmosféricas prevalecientes (km/s)

Vo: velocidad de la luz en el vacío ($Vo=299.792,5$ km/s)

n: índice de refracción ($n>1$)

Las ecuaciones generales utilizadas en la nivelación trigonométrica se pueden deducir:

Nivelación trigonométrica.



$$\Delta AB = \frac{P * D}{100} + hi - lm$$

lm: altura de la señal.

Especificaciones Técnicas
Estación Total Spectra Precision Focus2

Plomada óptica

Imagen	derecha
Aumentos	3×
Campo de visión	5°
Alcance de enfoque	0,3 m (1,0 pies) a ∞
Visualización de cara 1 (directo) y cara 2 (inverso)	retroiluminada, LCD gráfica, 160 x 90 píxeles
Memoria de puntos	10.000 registros
Dimensiones (An. x Pr. x Al.)	160 mm x 150 mm x 340 mm (6,3 pulg. x 5,9 pulg. x 13,4 pulg.)
Peso (aprox.)	5,1 kg (11,3 lb)
Batería	0,2 kg (0,5 lb)
Caja de transporte	3,2 kg (7,0 lb)
Sensor de inclinación	
Tipo	doble eje
Método	detección liquido-eléctrica
Rango de compensación	±3,0'

Alcance con prismas especificados (buenas condiciones1)

Con 1 Prisma	2,5 m a 4.000 m (8,2 pies a 13,123 pies)
Sin prisma2	500 m (1.640 pies)
Precisión (modo de precisión) ISO 17123-4	
Prisma	±(2+2 ppm × D) mm
Sin prisma 5	±(3+2 ppm × D) mm



Intervalo de medición 3

Fina	0,3s
Normal	0,2s
Medición de ángulo horizontal t vertical	2"/0,6 mgon 5"/1,5 mgon
Sistema de lectura	Codificador absoluto
Diámetro de círculo	79 mm
Ángulo horizontal/vertical	Diametral
Drado	1/5"
Gon	0,2"/1 mgon

Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Monografía.

Datos del punto geodésico conocido.

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 02 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'54,51453"S	NORTE (m):	9968822,893
LONGITUD (° ‘ ”):	78°33'01,98273"O	ESTE (m):	772642,717
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2909,829	ELEVACIÓN (m):	2884,143
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		080	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
 <p>NORTE</p>		 <p>UBICACIÓN</p> <p>El hito se encuentra ubicado frente al bloque “B” a 80 (metros) en dirección N 60°W cruzando los parqueaderos, junto a la quebrada.</p>	
ACCESIBILIDAD			
<p>Partiendo desde el centro comercial “Quicentro SUR”, nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque “B” (secretaría) atrás de los parqueaderos.</p>			
<p>Elaborado por:</p> <p style="text-align: center;">ESTUDIANTES DE LA U.P. S</p>			

2.1.4.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4X24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 122

Identificación de los equipos.



Elaborada por: La autora.

2.1.4.6 Procedimiento.

1. Se ubicará en el punto de control con un sistema de coordenadas UTM del terreno, que constará de su monografía adjunta.

Figura 123

Punto geodésico GPS-2.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto geodésico conocido en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable, para brindar una buena visualización al topógrafo y se encuentre cómodo al momento de visualizar los puntos necesarios.

Figura 124

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se ubica el trípode directamente sobre el punto geodésico conocido, comprobando la posición del trípode, se mira por el orificio del centro en la cabeza del trípode para fijar el trípode aproximadamente.

Figura 125

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

4. Se presiona las puntas metálicas de las patas del trípode firmemente contra la superficie del terreno y se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas, presionando una pata fijamente y dos patas queden semi presionadas para centrar al punto geodésico.

Figura 126

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

5. Se verifica que la memoria o tarjeta SD se encuentre introducida, debido a que el equipo tendrá donde almacenar datos, con el motivo de poder exportar los datos tomados en campo. La capacidad máxima de almacenamiento de datos es de 10.000 puntos completos con datos RAW.

Figura 127

Identificar la tarjeta SD.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

6. Se retira el instrumento de su protector y se verifica que no se encuentre ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode y se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 128

Plantada del equipo.



Elaborada por: La autora.

7. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lámpara se enciende de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lámpara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).
8. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto geodésico y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el punto geodésico, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto geodésico y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.

Figura 129

Centrado mediante la plomada óptica.



Elaborada por: La autora.

9. Se procede a nivelar la estación total, se afloja las abrazaderas de la pata del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 130

Centrado del equipo.

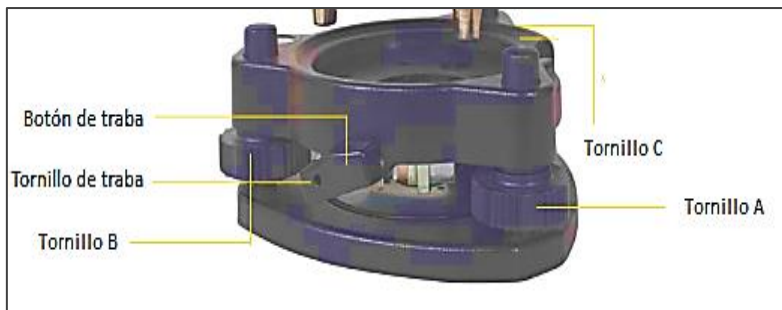


Elaborada por: La autora.

10. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 131

Ubicación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 132

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

11. Se verifica de nuevo mediante la plomada óptica que se encuentre correctamente centrada en el punto geodésico conocido.

Figura 133

Centrado mediante la plomada óptica.



Elaborada por: La autora.

12. Correctamente centrado y nivelado el equipo, se procede a ubicar el norte magnético con la ayuda de la brújula. Se coloca la brújula en la base del telescopio como se indica en la imagen, ubicada la brújula y la estación total paralelas se direccionada al norte magnético con un ángulo de 0° y se ajusta el tornillo tangencial horizontal para que se mantenga fijamente la estación total.

Figura 134

Ubicación del norte magnético.



Elaborada por: La autora.

13. Se enciende la estación total, se presiona la tecla PWR.

Figura 135

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

14. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los resultados existente en la memoria, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se aparece una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona la tecla (Enter) y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateada.

Figura 136

Opción menú para formatear el equipo.



Elaborada por: La autora.

Figura 137

Opción de formatear.



Elaborada por: La autora.

Figura 138

Inicializando el equipo.



Elaborada por: La autora.

15. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido) debido a que partiremos de un punto geodésico con coordenadas UTM conocidas y se presiona Enter.

Figura 139

Opción de medición.



Elaborada por: La autora.

Figura 140

Mediante un punto conocido.



Elaborada por: La autora.

16. Se abre la siguiente pestaña, donde indica si partiremos mediante coordenadas o un ángulo de referencia, como en esta práctica se procede a realizar la toma de datos mediante un ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angul) y se presiona Enter.

Figura 141

Mediante un ángulo de referencia.



Elaborada por: La autora.

17. Se nombra del punto de partida (GPS 2) donde se encuentra ubicada la estación y se presiona la tecla Enter.

Figura 142

Nomenclatura del punto donde se encuentra plantado el equipo.



Elaborada por: La autora.

18. Se digita la altura instrumental (AI: 1.372 m) que se mide desde la cara superior del clavo hasta el eje de referencia de la estación.

Figura 143

Medición de la altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

19. Se presiona Enter, aparece una pestaña para colocar las coordenadas UTM de la monografía adjunta existente del punto de partida de la estación total N, E y Z; se coloca un código alfa numérico como futura referencia.

Figura 144

Coordenadas UTM.



Elaborada por: La autora.

20. Se presiona Enter, aparece la pestaña (AZ) indicando que se coloque un ángulo de referencia o un azimuth, por lo que se digita directamente un azimuth 0° como un ángulo de referencia de acuerdo al paso 10 anteriormente mencionado.

Figura 145

Medición mediante el norte magnético.



Elaborada por: La autora.

Figura 146

Digitar el norte magnético a 0°.



Elaborada por: La autora.

21. Se procede a medir la altura del prisma (1.596 m) desde la punta metálica hasta el centro del prisma con la ayuda de una cinta métrica.

Figura 147

Medición de la altura del prisma AO.



Elaborada por: La autora.

22. Se presiona Enter, se coloca la altura del prisma y la nomenclatura del punto a visar, se vuelve a presionar Enter.J

Figura 148

Digitar la altura del prisma.



Elaborada por: La autora.

23. Se presiona dos veces Enter y aparece la pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada y lista para usar.

Equipo georreferenciado.



- 149

Figura 150

Visualización al punto representado.



Elaborada por: La autora.

26. Parámetros obtenidos mediante la estación total del punto representado (GPS 3).

Figura 151

Resultado del Azimut.



Elaborada por: La autora.

Figura 152

Resultado de la distancia horizontal y vertical.



Elaborada por: La autora.

Figura 153

Resultado de la pendiente y cota.



Elaborada por: La autora.

Figura 154

Resultado de las coordenadas UTM.



Elaborada por: La autora.

2.1.4.7 Cálculos.

Datos:

P: -8.34%

DH: 41.567 m

hi: 1.372 m

lm: 1.596 m

Cota conocida punto QA: 2884.143 m

Cálculo del desnivel:

$$\Delta AB = \frac{P * D}{100} + hi - lm$$

$$\Delta AB = \frac{(-8.34) * 41.567}{100} + 1.372 - 1.596$$

$$\Delta AB = -3.691 \text{ m}$$

$$\Delta AB = QB - QA$$

$$QB = \Delta AB + QA$$

$$QB = -3.691 + 2884.143$$

$$QB = 2880.452 \text{ msnm}$$

Representación del ángulo vertical y horizontal:

Tabla 20

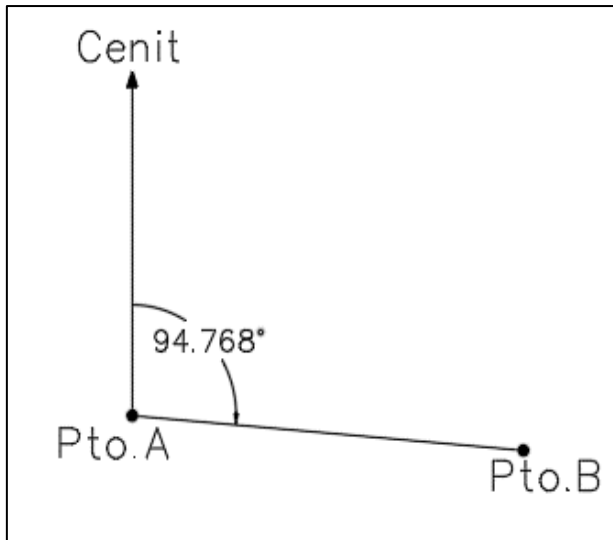
Resultado del ángulo horizontal y vertical.

	Pto	G°	Min	Seg	Sexagesimales
Angulo Horizontal	A-B	47	57	3	47.951
Angulo Vertical	A-B	94	46	6	94.768

Elaborada por: La autora.

Figura 155

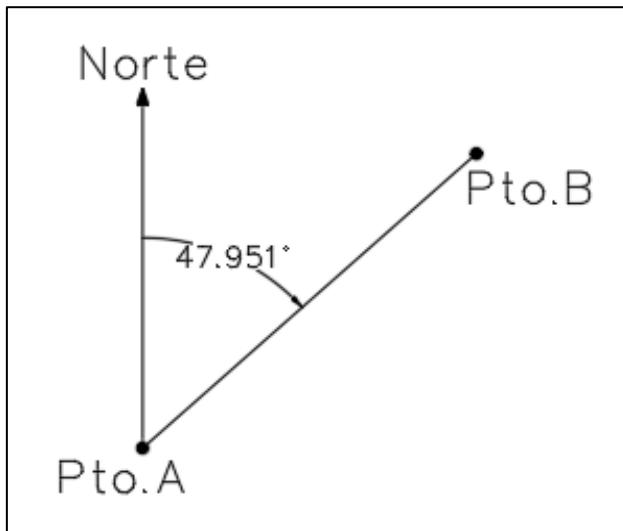
Medición del ángulo vertical.



Elaborada por: La autora.

Figura 156

Medición del ángulo horizontal.



Elaborada por: La autora.

2.1.4.8 Conclusiones.

- A través de los datos obtenidos con la estación total dio como resultado la distancia inclinada de 41.711 m, distancia horizontal de 41.567 m, distancia vertical de -3.467 m, el ángulo vertical $94^{\circ}46'06''$ y un ángulo horizontal de $47^{\circ}57'03''$.
- Con un azimut de 47.951° se determina que se encuentra en el cuadrante I dando como resultado un rumbo de N 47.951° E medido desde el Norte-Este en sentido horario.
- A través de la cota obtenida con la estación total del punto representado es de 2880.452 msnm y la cota del punto geodésico conocido de 2884.143, dando como resultado el desnivel de -3.691 m, indicando que se encuentra la cota por debajo de la cota del punto conocido concluyendo que el terreno es inclinado.

2.1.4.9 Recomendaciones.

- Se recomienda digitar correctamente los datos del punto geodésico conocido para que no exista una distorsión o errores en los resultados a obtener de un siguiente punto.
- Se sugiere alinear correctamente la brújula con la estación total para obtener un buen resultado en los ángulos verticales, horizontales y azimut.
- Se recomienda medir correctamente la altura del prisma, ya que si se mide erróneamente dará como resultados errores en las cotas de los puntos a visar.

2.1.4.10 Croquis.

Figura 157

Ubicación de los puntos representados.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.5 Levantamiento y cálculo de poligonales con estación total.

2.1.5.1 Poligonal cerrada.

2.1.5.1.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar un levantamiento topográfico mediante una poligonal cerrada a partir de un punto de control y ángulo de referencia en el punto de partida es el Norte, del cual el punto de partida será el mismo punto de cierre de la poligonal que constaran con coordenadas UTM reales como referencia. Este método sirve para restablecer puntos de control y puntos de apoyo para un levantamiento, se forma por lados sucesivos que se conectan entre sí en los vértices, con el fin de medir distancias horizontales entre los vértices y ángulos horizontales en cada uno de los vértices, para conocer su posición y representar en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario realizar los controles de cierre angular y lineal para que la poligonal cerrada se encuentre georreferenciada correctamente.

2.1.5.1.2 Objetivos.

1. Determinar los ángulos internos formados en la poligonal cerrada.
2. Determinar el azimut de partida de la poligonal cerrada.
3. Tomar distancias horizontales de las alineaciones formadas entre los puntos materializados.
4. Realizar los controles de cierre angular y lineal, además calcular la compensación angular y lineal de los puntos materializados.
5. Determinar las coordenadas UTM reales de los vértices de la poligonal.

2.1.5.1.3 Alcance.

Mediante el empleo de la estación total y herramientas de topografía, determinar las posiciones y orientación de los puntos terrestres a partir de un punto de control que representará el punto

geodésico de la poligonal cerrada, en el que constará de coordenadas UTM conocidas y que de igual manera será el punto de cierre de la poligonal, verificar los controles angulares y lineales, representarlos en un sistema de coordenadas UTM reales.

2.1.5.1.4 Fundamento teórico.

Poligonales.

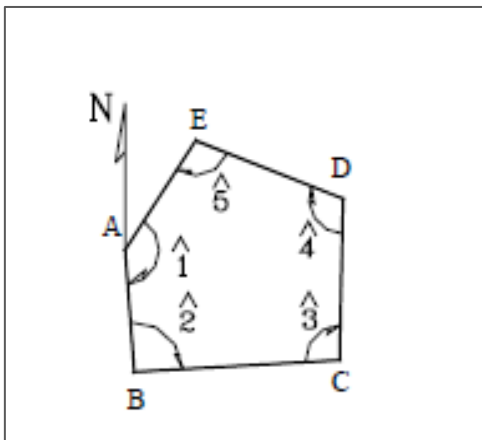
Una poligonal se forma por lados sucesivos que se conectan entre sí en los vértices, con el fin de medir distancias horizontales de las alineaciones formadas entre dos puntos materializados y ángulos horizontales en cada uno de los vértices formados, para conocer su posición y representar en un sistema de coordenadas rectangulares planas. Se usa generalmente para implantar un punto de control y puntos de apoyo en un levantamiento, para elaborar los planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras.

Las poligonales se clasifican en:

1. Poligonales cerradas.
2. Poligonales abiertas o de enlace de control de cierre.
3. Poligonales abiertas sin control.

Figura 158

Poligonal cerrada.



Elaborada por: La autora.

Poligonal cerrada.

Es una poligonal formada por más de 5 vértices, donde indica que el punto de inicio es el mismo que el punto de cierre de dicha poligonal, se verifica los cálculos mediante el control de cierre angular y lineal.

Cálculo y compensación de poligonales.

La solución de una poligonal tiene como finalidad de obtener las coordenadas rectangulares a través de cálculos de compensación angular y lineal en cada uno de los vértices formados por alineaciones, es recomendable realizar los cálculos de la siguiente manera:

1. Cálculo y compensación del error de cierre angular.
2. Cálculo de acimuts o rumbos entre alineaciones mediante el método de la ley de propagación de los acimutes.
3. Cálculo de las proyecciones de los lados.
4. Cálculo del error de cierre lineal
5. Compensación de error lineal.
6. Cálculo de las coordenadas de los vértices.

Compensación de error de cierre angular.

La compensación de cierre angular debe cumplir que la suma de los ángulos internos debe ser

$$\Sigma \angle_{int} = 180^\circ(n - 2)$$

En donde:

n: número de vértices de la poligonal.

El error angular vendrá dado por la diferencia entre el valor medido y valor teórico, ya que la medición de los ángulos de una poligonal estará afectada por los inevitables errores instrumentales y operacionales.

$$Ea = \Sigma \angle int - 180^\circ(n - 2)$$

Se debe cumplir con las normas y términos de referencia para la verificación del error angular, por el motivo que se requiere de una mayor precisión en los resultados dependiendo del tipo de trabajo a realizar; la tolerancia angular debe ser mayor que el error angular para que los ángulos de la poligonal sean correctos caso contrario se debe proceder a medir de nuevo los ángulos de la poligonal, mediante los siguientes criterios:

Poligonales principales

$$Ta = a\sqrt{n}$$

Poligonales secundarias

$$Ta = a\sqrt{n} + a$$

Se realiza la corrección de ángulos, siempre y cuando el error anular sea menor que la tolerancia angular, se procede a distribuir el error angular por igual entre todos los ángulos medidos.

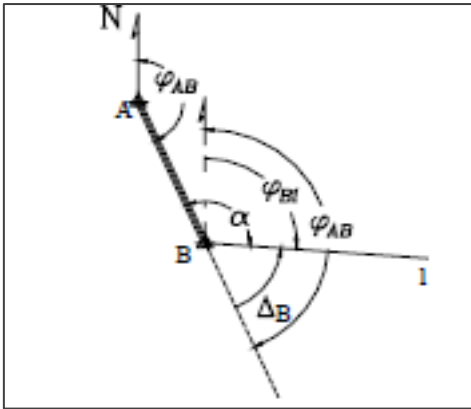
$$Ca = \frac{Ea}{n}$$

Ley de propagación de los acimutes

Se puede calcular los acimutes de los lados de una poligonal a partir de un acimut conocido y de los ángulos medidos, aplicando la ley de propagación de los acimutes.

Figura 159

Ley de propagación.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

Fuente: Propia.

El acimut φ_{B1} será:

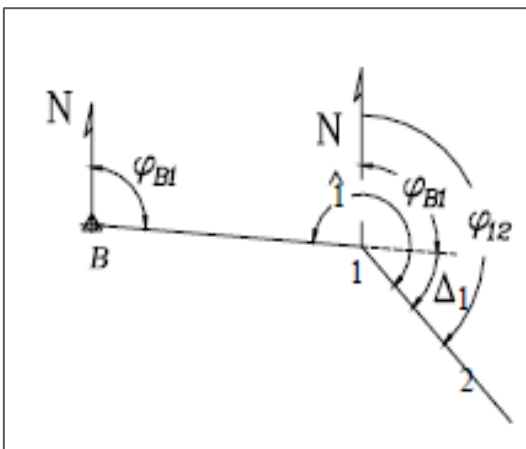
$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} - \Delta_B$$

$$\Delta_B = 180^\circ - \alpha$$

$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} + \alpha - 180^\circ$$

Figura 160

Deducción de los ángulos.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

El acimut φ_{12} será:

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \Delta_1$$

$$\Delta_1 = \angle 1 - 180^\circ$$

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \angle 1 - 180^\circ$$

Se procede a realizar el mismo método para cada uno de los vértices restantes, que se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \angle vertices \pm 180^\circ$$

φ_i : acimut del lado

φ_{i-1} : acimut anterior

Se requiere de criterios para la utilización de la siguiente ecuación:

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) < 180^\circ$ se suma 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 180^\circ$ se resta 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 540^\circ$ se resta 540° ya que ningún acimut puede ser mayor de 360° .

Cálculo de las proyecciones de los lados.

Este cálculo se realiza en base a los acimutes y las distancias de los lados de la poligonal, expresado de la siguiente manera:

$$Y = D \cos \alpha$$

$$X = D \sin \alpha$$

En donde:

D: distancia de una alineación formada entre dos puntos.

α : azimut

Y: indica el eje vertical (Norte)

X: indica el eje horizontal (Este)

Compensación del error de cierre lineal.

Este método depende de la precisión lograda por los instrumentos y procedimientos empleados en la medición, hay que compensar las proyecciones, es decir; el error al este y el error al norte, con la siguiente formula:

$$\varepsilon l = \sqrt{\varepsilon x^2 + \varepsilon y^2}$$

$$Cx = -\frac{\varepsilon x}{P} * L$$

$$Cy = -\frac{\varepsilon y}{P} * L$$

Donde:

εl : error lineal

εx : sumatoria de la proyección este-oeste

εy : sumatoria de la proyección norte-sur

Cx, Cy: compensación este y norte

L: longitud entre vértices

P: perímetro

Tolerancia lineal.

$$\text{Terreno llano TL} = 0.015\sqrt{K}$$

$$\text{Terreno ondulado TL} = 0.025\sqrt{K}$$

Donde:

K: es la suma de la distancia recorrida en m.

Si el error lineal es mayor que la tolerancia lineal, es necesario comprobar en campo las distancias; en caso de verificarse que el error lineal sea menor que la tolerancia, se procede a la corrección lineal siguiendo un método de compensación adecuado.

Cálculo de las coordenadas de los vértices.

Se realiza el cálculo de las coordenadas de los vértices con las proyecciones compensada, que es la suma de las proyecciones y la compensación lineal. Se comienza a partir del punto geodésico que está compuesta por coordenadas UTM reales.

$$Ni = N_{i-1} \pm \Delta N_{i-1}$$

$$Ei = E_{i-1} \pm \Delta E_{i-1}$$

2.1.5.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4X24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 161

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.5.1.6 Procedimiento.

1. Se ubicará el punto de control que constará de coordenadas UTM en el terreno.

Figura 162

Punto de control.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto geodésico conocido, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable, para brindar una buena visualización al topógrafo y se encuentre cómodo al momento de visualizar los puntos necesarios.

Figura 163

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se ubica el trípode directamente sobre el punto geodésico conocido, comprobando la posición del trípode, se mira por el orificio del centro en la cabeza del trípode para fijar el trípode aproximadamente.
4. Se presiona las puntas metálicas de las patas del trípode firmemente contra la superficie del terreno y se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas, presionando una pata fijamente y dos patas queden semi presionadas para centrar al punto geodésico.

Figura 164

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

5. Se verifica que la memoria o tarjeta SD se encuentre introducida, debido a que el equipo tendrá donde almacenar datos, con el motivo de poder exportar los datos tomados en campo. La capacidad máxima de almacenamiento de datos es de 10.000 puntos completos con datos RAW.

Figura 165

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

6. Se retira el instrumento de su protector y se verifica que no se encuentre ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode y se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 166

Plantada del equipo.



Elaborada por: La autora.

7. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería

extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lámpara se enciende de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lámpara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).

8. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto geodésico y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el punto geodésico, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto geodésico y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
9. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de la pata del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 167

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 168

Representación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 169

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

11. Se verifica de nuevo mediante la plomada óptica que se encuentre correctamente centrada en el punto geodésico conocido.
12. Correctamente centrado y nivelado el equipo, se procede a ubicar el norte magnético con la ayuda de la brújula. Se coloca la brújula en la base del telescopio como se indica en la imagen, ubicada la brújula y la estación total paralelas se direccionada al norte magnético con un ángulo de 0° y se ajusta el tornillo tangencial horizontal para que se mantenga fijamente la estación total.

Figura 170

Ubicación del norte magnético.



Elaborada por: La autora.

13. Se enciende la estación total, se presiona la tecla PWR.

Figura 171

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

14. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los resultados existente en la memoria, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se aparece una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona la tecla (Enter) y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateada.

Figura 172

Opción del menú.



Elaborada por: La autora.

Figura 173

Formatear el equipo.



Elaborada por: La autora.

Figura 174

Inicializando el equipo.



Elaborada por: La autora.

15. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido) debido a que partiremos de un punto geodésico con coordenadas UTM conocidas y se presiona Enter.

Figura 175

Opción del menú.



Elaborada por: La autora.

16. Se abre la siguiente pestaña, donde indica si partiremos mediante coordenadas o un ángulo de referencia, como en esta práctica se procede a realizar la toma de datos mediante un ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angul) y se presiona Enter.

Figura 176

Medición mediante un ángulo de referencia.



Elaborada por: La autora.

17. Se nombra del punto de partida (GPS 2) donde se encuentra ubicada la estación y se presiona la tecla Enter.

Figura 177

Datos del punto donde se encuentra ubicado el equipo.

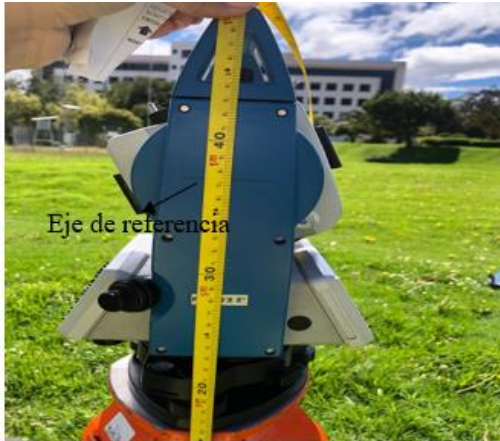


Elaborada por: La autora.

18. Se digita la altura instrumental (AI: 1.530 m) que se mide desde la cara superior del clavo hasta el eje de referencia de la estación, se digita dicha altura.

Figura 178

Medición de la altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

19. Se presiona Enter, aparece una pestaña para colocar las coordenadas UTM del punto de partida de la estación total N:9967420.463 m, E:784203.805 m y Z:0.00 m; se coloca un código alfa numérico como referencia, no es necesario la elevación por el motivo que solo se realizara la medición de distancias y ángulos horizontales.

Figura 179

Coordenadas UTM.



Elaborada por: La autora.

20. Se presiona Enter, aparece la pestaña de vista posterior indicando que se seleccione la orientación mediante un ángulo de referencia, se presiona de nuevo Enter y aparece la opción donde se digita directamente un azimut 0° como el norte magnético de acuerdo al paso 10 anteriormente mencionado.

Figura 180

Angulo de referencia.



Elaborada por: La autora.

21. Se introduce la altura del prisma (AO: 1.640 m), se mide desde la punta del prisma hasta el centro del prisma y se presiona Enter.

Figura 181

Medición de la altura del prisma.



Elaborada por: La autora.

22. Se presiona dos veces Enter y aparece la pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada y lista para usar.

Figura 182

Equipo georreferenciado.

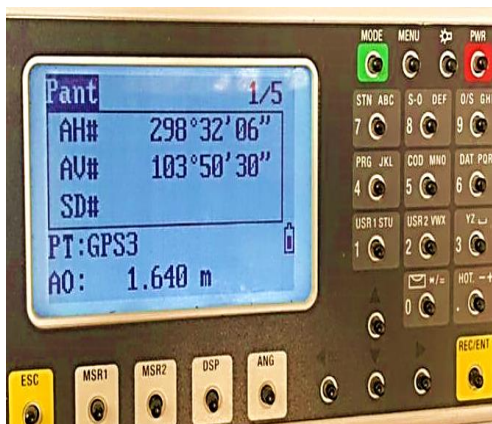


Elaborada por: La autora.

23. Se le comunica al cadenero que se ubique en el punto materializado del terreno (B), colocar el prisma en la cabeza del clavo y mantener correctamente centrado y nivelado el prisma.
24. Con la estación total referenciada al norte magnético se dirige la orientación de la estación total al punto B materializado, constatar que la cara principal de la estación se encuentre frente al observador y que se visualice la palabra FOCUS que representa la cara principal de la estación total. Se comenzará manipular los tornillos de la estación total y el telescopio para fijar la estación de forma permanente, se procede a visualizar por el telescopio al punto B para ajustar el tornillo tangencial de la placa superior y el tornillo tangencial vertical, hasta centrar el apuntador en el centro del prisma y mencionar al cadenero que mantenga centrado el prisma, por último, se presiona la opción MC1, se dispara y se presiona (ESC), dando como resultado el azimut de partida de $298^{\circ}32'06''$.

Figura 183

Resultado del azimut de entrada.



Elaborada por: La autora.

Tabla 21

Azimut de entrada.

Azimut de entrada		
Grados	Minutos	Segundos
298	32	6

Elaborada por: La autora.

25. Se apaga el equipo y se procede a plantar la estación total al punto materializado B, se arma el equipo como lo indica en los pasos del 2 al 9. Se enciende el equipo y se formatea el equipo como se indica en el paso 11, se coloca ESC hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido).
26. Se presiona Enter mostrando la pestaña en el cual se digita los datos del punto B donde se encuentra ubicada la estación total. Se digita en nombre del punto “B”, se presiona enter y se coloca N: 0.00 m, E:0.000 m, y Z:0.000 m, por el motivo que solo se realiza la medición de ángulos y distancias, se presiona enter y se digita la altura instrumental de 1.565 m. Se presiona enter, mostrando la vista posterior del cual se presiona en la opción 2 mediante un ángulo de

referencia, se procede a visualizar al punto A como referencia del ángulo de 0° como lo indica en el paso 10, por último, se presiona Enter dos veces hasta que muestre en la pantalla (GrabDatsCrudos!).

27. Se visualiza al punto C materializado con la estacion georreferenciada al punto A, se le comunica al cadenero que mantenga el prisma ubicado en la cara superior del clavo y que mantenga centrado y ubicado el prisma. Se orienta la estacion total visualizando al punto C como lo muestra en el paso 10, se procede a presionar MSR1, se presiona ESC y nos muestra en la pestaña 2 el angulo horizontal formado desde la alineacion AB hasta la alineacion BC de $194^{\circ}32'45''$ y nos da la distancia horizontal BC de 21.421 m.

Figura 184

Angulo interno en el punto B.



Elaborada por: La autora.

28. Se apaga el equipo y se vuelve a ubicar la estacion total en el punto C, se realiza los mismos pasos ya mencionados del 23 hasta el 26, con la diferencia que ahora la refencia del angulo igual 0 es en el punto B, orientado el equipo se visualiza al punto D dando como resultado un angulo horizontal de $120^{\circ}59'26''$ y una distancia horizontal en la alineacion CD de 14.621 m. Este procedemiento se realiza el numero de vertices que forme la poligonal cerrada hasta llegar

a tomar el ultimo angulo interno formado en el punto de partida que sera el mismo punto de cierre de la poligonal.

Figura 185

Angulo interno del punto C.



Elaborada por: La autora.

Tabla 22

Resultado de los ángulos internos y las distancias de la poligonal cerrada tomados en campo.

Nro Estc	Angulo Horizontal Medido			Distancia (m)
	Grados	Minutos	Segundos	
A	56	22	37	21.421
B	194	32	45	14.621
C	120	59	26	9.801
D	76	9	37	20.958
E	171	51	26	13.008
F	100	3	53	23.145
A				

Elaborada por: La autora.

29. Finalmente, se exporta los puntos a una memoria SD. Se presiona la opción Menú, digitando la opción 1 (Trabajo) y se presiona Enter; se selecciona el trabajo creado y se presiona Enter. Se presiona ESC y se vuelve a la opción Menú, se digita la opción 5 (Comunicaciones); se verifica

el modo de empleo a exportar los puntos, se presiona la opción 3 (Import/Export SD) y se presiona Enter, indicando el modo de exportación presionamos la opción 1 (Export a SD) y se presiona Enter, mostrando la pestaña de las especificaciones del trabajo a exportar, se vuelve a presionar Enter dos veces. Se procede a nombrar el trabajo a exportar a la memoria SD y se presiona Enter, indicando la cantidad de puntos a exportar y se presiona comenzar y se presiona nuevamente Enter comenzando a exportar los puntos, los puntos del trabajo se encuentran guardados en la memoria SD, terminando se introduce la memoria SD en el computador y se procede a la descarga de datos txt o cvs.

2.1.5.1.7 Cálculos.

Cálculos y compensación angular, se procede a realizar la sumatoria de ángulos internos de la poligonal cerrada, que comienza desde el punto conocido: 9967420.463 m N y 784203.805 m E.

$$\sum \angle int = 180 * (n - 2)$$

Donde:

n: es el número de vértices.

$$\sum \angle int = 180 * (6 - 2)$$

$$\sum \angle int = 180 * 4$$

$$\sum \angle int = 720^\circ$$

Se procede a verificar el error angular.

$$Ea = \sum \angle int - 180 * (n - 2)$$

$$\sum \angle int = 56.377 + 194.546 + 120.991 + 76.160 + 171.857 + 100.065$$

$$\sum \angle int = 719.996^\circ$$

$$Ea = 720 - 719.996$$

$$Ea = 0.004^\circ$$

Tolerancia angular

$$Ta = 0.001388888\sqrt{6} + 0.001388888$$

$$Ta = 0.00479^\circ$$

Como $Ea < Ta$ procedemos a distribuir el error en partes iguales a cada uno de los ángulos.

$$Ta = 0.00479^\circ$$

$$Ca = \frac{0.0044}{6}$$

$$Ca = 0.000741^\circ$$

Compensación angular

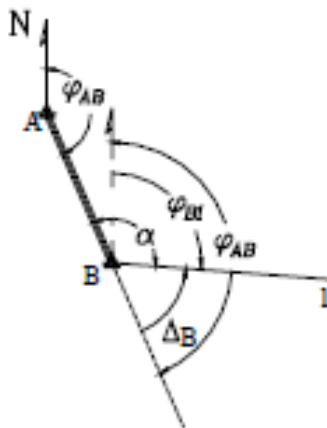
Tabla 23

Compensación angular.

Nro Est	Angulo Horizontal medido				Distancia (m)	Compensación angular	Ang. Hor. Corr
	Grados	Min	Seg	Sexagesimales			
A	56	22	37	56.377	21.421	0.000741	56.378
B	194	32	45	194.546			
C	120	59	26	120.991	14.621	0.000741	120.99
D	76	9	37	76.16	9.801	0.000741	76.161
E	171	51	26	171.857	20.958	0.000741	171.86
F	100	3	53	100.065	13.008	0.000741	100.07
A					23.145		

Elaborada por: La autora.

Aplicamos la ley de propagacion de los acimutes



Se requiere de criterios para la utilización de la siguiente ecuación:

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) < 180^\circ$ se suma 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 180^\circ$ se resta 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 540^\circ$ se resta 540° ya que ningún acimut puede ser mayor de 360° .

Acimut en la alineacion A1-A2:

$$\varphi A1 - A2 = (298.535 + 194.547) \pm 180$$

$$\varphi A1 - A2 = 493.082 - 180$$

$$\varphi A1 - A2 = 313.082$$

Acimut en la alineacion A2-A3:

$$\varphi A2 - A3 = (313.082 + 120.991) \pm 180^\circ$$

$$\varphi A2 - A3 = 434.073 - 180$$

$$\varphi A2 - A3 = 254.073$$

Acimut en la alineacion A3-A4:

$$\varphi A3 - A4 = (254.073 + 76.161) \pm 180^\circ$$

$$\varphi A3 - A4 = 330.234 - 180^\circ$$

$$\varphi A3 - A4 = 150.234$$

Acimut en la alineacion A4-GPS3:

$$\varphi A4 - GPS3 = (150.234 + 171.858) \pm 180^\circ$$

$$\varphi A4 - GPS3 = 322.092 - 180^\circ$$

$$\varphi A4 - GPS3 = 142.092$$

Acimut en la alineacion GPS3-GPS2:

$$\varphi GPS3 - GPS2 = (142.092 + 100.065) \pm 180^\circ$$

$$\varphi GPS3 - GPS2 = 242.157 - 180^\circ$$

$$\varphi GPS3 - GPS2 = \mathbf{62.157}$$

Control angular.

$$\varphi_{GPS3} - GPS2 = (62.157 + 56.378) \pm 180^\circ$$

$$\varphi_{GPS3} - GPS2 = 118.535 + 180^\circ$$

$$\varphi_{GPS3} - GPS2 = 298.535$$

Tabla corregida.

Tabla 24

Azimut final.

Nro Est	Angulo Horizontal medido				Distancia (m)	Compensación angular	Ang. Hor. Corr	Azimut
	Grados	Min	Seg	Sexagesimales				
A	56	22	37	56.377		0.000741	56.378	298.535
					21.421			
B	194	32	45	194.546		0.000741	194.547	313.082
					14.621			
C	120	59	26	120.991		0.000741	120.991	254.073
					9.801			
D	76	9	37	76.160		0.000741	76.161	150.234
					20.958			
E	171	51	26	171.857		0.000741	171.858	142.092
					13.008			
F	100	3	53	100.065		0.000741	100.066	62.157
					23.145			
A								

Elaborada por: La autora.

Como lo indica en la imagen no se cierra el polígono con los azimut y distancias tomadas en campo, por lo que muestra que existe un margen de error, por consiguiente, se procede a calcular las proyecciones en el eje norte-sur y en el eje este-oeste, mediante la formulas trigonométricas:

$$Y = D \cos \alpha$$

$$X = D \cos \alpha$$

Ejemplo de cálculo entre el punto P.GPS. (GEO) y 1(GPS NAV).

Proyección del eje norte-sur:

$$Y = 21.421 * \cos(298.535)$$

$$Y = 10.233 \text{ m}$$

Proyección del eje este-oeste:

$$X = 21.421 * \sin(298.535)$$

$$X = -18.819 \text{ m}$$

Se adjunta la tabla con los cálculos de las proyecciones en el eje norte y en el este.

Tabla 25

Proyecciones al Norte y Este.

Nro Est	Angulo Horizontal (Sexagesimales)	Distancia (m)	Ang. Hor. Corr	Azimuth	Proyección Norte (m)	Proyección Este (m)
A	56.377	21.421	56.378	298.535	10.233	-18.819
B	194.546	14.621	194.547	313.082	9.987	-10.679
C	120.991	9.801	120.991	254.073	-2.69	-9.425
D	76.16	20.958	76.161	150.234	-18.193	10.405
E	171.857	13.008	171.858	142.092	-10.263	7.992
F	100.065	23.145	100.066	62.157	10.81	20.466
A						

Elaborada por: La autora.

Con los datos obtenidos se procede a realizar la sumatoria de las proyecciones del eje norte-sur y eje este-oeste, para verificar que los datos tomados cumplan con la condición establecida:

$$\varepsilon_y = 10.233 + 9.987 - 2.69 - 18.193 - 10.263 + 10.810$$

$$\varepsilon_y = -0.117 \text{ m}$$

$$\varepsilon_x = -18.819 - 10.679 - 9.425 + 10.405 + 7.992 + 20.466$$

$$\varepsilon_x = -0.060 \text{ m}$$

Se procede a calcular mediante el teorema de Pitágoras el error lineal:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon x^2 + \varepsilon y^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{(-0.117)^2 + (-0.060)^2}$$

$$\varepsilon = 0.131 \text{ m}$$

se realiza la suma de todos los lados del polígono.

$$\Sigma P = 21.421 + 14.621 + 9.801 + 20.958 + 13.008 + 23.145$$

$$\Sigma P = 102.954 \text{ m}$$

Verificación de la compensación lineal.

Cálculo de la tolerancia lineal.

$$Tl = 0.015 * \sqrt{\Sigma P}$$

$$Tl = 0.015 * \sqrt{102.954}$$

$$Tl = 0.152 \text{ m}$$

Por lo tanto, si cumple con la verificación lineal donde $Tl > \varepsilon$

Por consiguiente, se procede a calcular las compensaciones del error lineal mediante la siguiente formula:

$$Cx = -\frac{\varepsilon x}{P} * L$$

$$Cy = -\frac{\varepsilon y}{P} * L$$

Ejemplo de cálculo entre el punto P.GPS. (GEO) y 1(GPS NAV).

Este - oeste

$$Cx = -\frac{-0.060}{102.954} * 21.421$$

$$Cx = 0.0125$$

Norte-sur

$$Cy = -\frac{-0.117}{102.954} * 21.421$$

$$Cy = 0.0242$$

Se realiza el mismo procedimiento para los siguientes puntos, se suma las compensaciones Norte con las proyecciones Norte y de igual manera para las compensaciones Este con las proyecciones Este, como se indica en la siguiente tabla.

Se procede a sumar las proyecciones calculadas corregidas con la coordenada del punto conocido y así secuencialmente, se suma las coordenadas del punto A con las proyecciones dando como resultado 9967430.720 m al Norte y 784184.999 m al Este.

Finalmente se verifica que la coordenada sea la misma que la coordenada conocida:

$$Norte = 9967409.627 + 10.836 = 9967420.463 \text{ m}$$

$$Este = 784183.326 + 20.479 = 784203.805 \text{ m}$$

Tabla de los cálculos de la poligonal cerrada.

Tabla 26

Resultados de la poligonal cerrada.

Nro Est	Angulo Horizontal (Sexagesimales)	Distancia (m)	Ang. Hor. Corr	Azimuth	Proyección Norte (m)	Proyección Este (m)	Corrección Norte (m)	Corrección Este (m)	Proyección Norte Corregida (m)	Proyección Este Corregida (m)	Coordenadas	
											Norte (m)	Este (m)
A	56.377	21.421	56.378	298.535	10.233	-18.819	0.024	0.013	10.257	-18.806	9967420.463	784203.805
B	194.546	14.621	194.547	313.082	9.987	-10.679	0.017	0.009	10.003	-10.67	9967430.72	784184.999
C	120.991	9.801	120.991	254.073	-2.69	-9.425	0.011	0.006	-2.678	-9.419	9967440.723	784174.328
D	76.16	20.958	76.161	150.234	-18.193	10.405	0.024	0.012	-18.169	10.417	9967438.045	784164.909
E	171.857	13.008	171.858	142.092	-10.263	7.992	0.015	0.008	-10.249	7.999	9967419.876	784175.326
F	100.065	23.145	100.066	62.157	10.81	20.466	0.026	0.014	10.836	20.479	9967409.627	784183.326
A												

Elaborada por: La autora.

2.1.5.1.8 Conclusiones.

- Con la estación total correctamente nivelada y centrada, se concluye que con los datos obtenidos de los ángulos internos formados en cada vértice de la poligonal cerrada, nos da como resultado la sumatorio de los ángulos internos tomados por la estación total de 719.996° , por lo tanto, verificando con la sumatoria de ángulos internos mediante la fórmula nos dio 720° , dando como resultado una diferencia de 0.00444° .
- En la práctica se concluye que la poligonal cerrada estará conformada de 6 vértices, en el cual constará de un azimuth de salida de 298.535° medido entre el norte magnético a la alineación A-B en sentido horario.
- Mediante la verificación angular y lineal de la poligonal cerrada, nos dio como resultado la tolerancia angular de 0.00479° , el error angular de 0.00444° , el error lineal de 0.131 m y la tolerancia lineal de 0.152 m, por lo cual se concluye que la condición angular cumplió con el requerimiento de que el error angular sea menor que la tolerancia, por lo cual se procedió a verificar la condición lineal donde el error lineal es menor que la tolerancia lineal, lo que indica que la poligonal cerrada cumple con las condiciones angulares y lineales.
- Por último, se concluye que mediante un punto conocido con coordenadas UTM, a través de la fórmula trigonométrica se obtiene las coordenadas de los puntos B, C, D, E y F.

Tabla 27

Coordenadas UTM finales.

	Coordenadas	
	Norte (m)	Este (m)
A (GPS)	9967420.463	784203.805
B	9967430.720	784184.999
C	9967440.723	784174.328

D	9967438.045	784164.909
E	9967419.876	784175.326
F	9967409.627	784183.326

Elaborada por: La autora.

2.1.5.1.9 Recomendaciones.

- Se recomienda mantener correctamente centrado y nivelado el prisma para la toma de ángulos internos de la poligonal cerrada.
- Se recomienda verificar que cumplan las condiciones de tolerancia angulares y lineales de la poligonal cerrada.
- Se sugiere orientar correctamente el norte magnético para el azimuth de partida de la poligonal para obtener correctamente los azimuths de cada vértice formado en la poligonal.
- Se sugiere realizar la poligonal para distancias extensas para cualquier tipo de terreno y cuando no existe visualización entre puntos que forman la poligonal, solamente entre dos puntos distantes consecutivos.

2.1.5.1.10 Croquis.

Figura 186

Ubicación de los puntos de la poligonal cerrada.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.5.2 Poligonal abierta.

2.1.5.2.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar un levantamiento topográfico mediante una poligonal abierta a partir de dos puntos de control y dos ángulos de referencia en el punto de partida y en el punto de llegada respecto al Norte, del cual el punto de partida y el punto de llegada serán diferentes de la poligonal que constarán con coordenadas UTM reales como referencia. Este método sirve para restablecer puntos de control y puntos de apoyo para un levantamiento, se forma por lados sucesivos que se conectan entre sí en los vértices, con el fin de medir distancias horizontales entre los vértices y ángulos horizontales en cada uno de los vértices, para conocer su posición y representar en un sistema de coordenadas rectangulares planas, es necesario realizar los controles de cierre angular y lineal para que la poligonal abierta se encuentre georreferenciada correctamente, este tipo de poligonales se utilizan para obras lineales como vías, canales, tuberías donde el punto de partida es diferente al punto de llegada.

2.1.5.2.2 Objetivos.

1. Determinar los ángulos internos de la poligonal abierta.
2. Determinar el azimut en la entrada y salida de la poligonal abierta.
3. Tomar distancias horizontales de las alineaciones formadas entre los puntos representados.
4. Realizar la compensación angular y lineal de los puntos representados.
5. Determinar las coordenadas UTM de los vértices que forman la poligonal abierta

2.1.5.2.3 Alcance.

Mediante el empleo de la estación total y herramientas de topografía, determinar las posiciones y orientación de los puntos terrestres a partir de dos puntos de control que representará el punto de

partida y llegada de la poligonal abierta, en el que constará de coordenadas UTM conocidas, serán dos puntos de control diferentes. Verificar los controles angulares y lineales, representarlos en un sistema de coordenadas UTM reales.

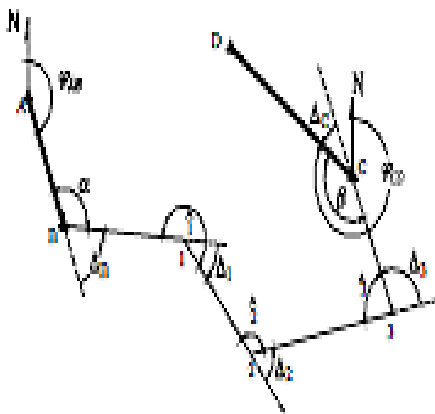
2.1.5.2.4 Fundamento teórico.

Poligonal abierta.

La poligonal abierta está conformada por más de 4 vértices, del cual partirá de un punto de control en las que se conocen sus coordenadas del punto de inicio y final.

Figura 187

Poligonal abierta.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

Cálculo y compensación de poligonales.

La solución de una poligonal tiene como finalidad de obtener las coordenadas rectangulares a través de cálculos de compensación angular y lineal en cada uno de los vértices formados por alineaciones, es recomendable realizar los cálculos de la siguiente manera:

1. Cálculo y compensación del error de cierre angular.
2. Cálculo de acimuts o rumbos entre alineaciones mediante el método de la ley de propagación de los acimutes.
3. Cálculo de las proyecciones de los lados.

4. Cálculo del error de cierre lineal
5. Compensación de error lineal.
6. Cálculo de las coordenadas de los vértices.

Compensación de error de cierre angular.

Se debe cumplir con las normas y términos de referencia para la verificación del error angular, por el motivo que se requiere de una mayor precisión en los resultados dependiendo del tipo de trabajo a realizar; la tolerancia angular debe ser mayor que el error angular para que los ángulos de la poligonal sean correctos caso contrario se debe proceder a medir de nuevo los ángulos de la poligonal, mediante los siguientes criterios:

Poligonales principales

$$Ta = a\sqrt{n}$$

Poligonales secundarias

$$Ta = a\sqrt{n} + a$$

Se realiza la corrección de ángulos, siempre y cuando el error angular sea menor que la tolerancia angular, se procede a distribuir el error angular por igual entre todos los ángulos medidos.

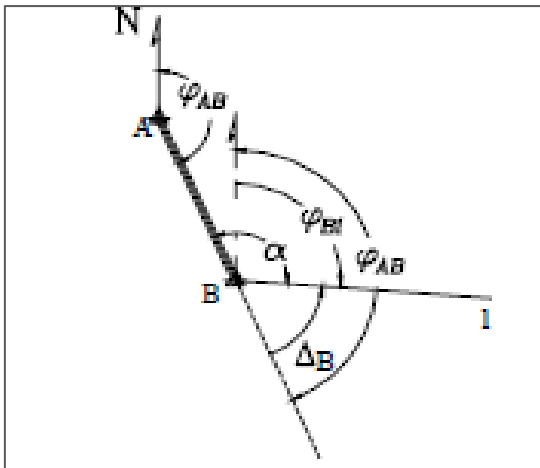
$$Ca = \frac{Ea}{n}$$

Ley de propagación de los acimutes.

Se puede calcular los acimutes de los lados de una poligonal a partir de un acimut conocido y de los ángulos medidos, aplicando la ley de propagación de los acimutes.

Figura 188

Ley de propagaciones.



Fuente: Curso completo de topografía, 2020.

El acimut φ_{B1} será:

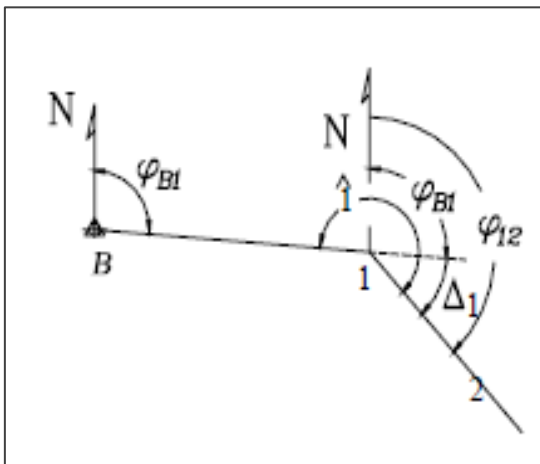
$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} - \Delta_B$$

$$\Delta_B = 180^\circ - \alpha$$

$$\varphi_{B1} = \varphi_{AB} + \alpha - 180^\circ$$

Figura 189

Interpretación de los ángulos



Elaborada por: La autora.

El acimut φ_{12} será:

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \Delta_1$$

$$\Delta_1 = \angle 1 - 180^\circ$$

$$\varphi_{12} = \varphi_{B1} + \angle 1 - 180^\circ$$

Se procede a realizar el mismo método para cada uno de los vértices restantes, que se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \angle vertices \pm 180^\circ$$

φ_i : acimut del lado

φ_{i-1} : acimut anterior

Se requiere de criterios para la utilización de la siguiente ecuación:

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) < 180^\circ$ se suma 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 180^\circ$ se resta 180° .

Si $(\varphi_{i-1} + \angle vertice) \geq 540^\circ$ se resta 540° ya que ningún acimut puede ser mayor de 360° .

Cálculo de las proyecciones de los lados.

Este cálculo se realiza en base a los acimutes y las distancias de los lados de la poligonal, expresado de la siguiente manera:

$$Y = D \cos \alpha$$

$$X = D \sin \alpha$$

En donde:

D: distancia de una alineación formada entre dos puntos.

A: azimut

Y: indica el eje vertical (Norte)

X: indica el eje horizontal (Este)

Compensación del error de cierre lineal.

Este método depende de la precisión lograda por los instrumentos y procedimientos empleados en la medición, hay que compensar las proyecciones, es decir; el error al este y el error al norte, con la siguiente formula:

$$\varepsilon l = \sqrt{\varepsilon x^2 + \varepsilon y^2}$$

$$Cx = -\frac{\varepsilon x}{P} * L$$

$$Cy = -\frac{\varepsilon y}{P} * L$$

Donde:

εl : error lineal

εx : sumatoria de la proyección este-oeste

εy : sumatoria de la proyección norte-sur

Cx, Cy: compensación este y norte

L: longitud entre vértices

P: perímetro

Tolerancia lineal.

$$\text{Terreno llano TL} = 0.015\sqrt{K}$$

$$\text{Terreno ondulado TL} = 0.025\sqrt{K}$$

Donde:

K: es la suma de la distancia recorrida en m.

Si el error lineal es mayor que la tolerancia lineal, es necesario comprobar en campo las distancias; en caso de verificarse que el error lineal sea menor que la tolerancia, se procede a la corrección lineal siguiendo un método de compensación adecuado.

Cálculo de las coordenadas de los vértices.

Se realiza el cálculo de las coordenadas de los vértices con las proyecciones compensada, que es la suma de las proyecciones y la compensación lineal. Se comienza a partir del punto geodésico que está compuesta por coordenadas UTM reales.

$$Ni = N_{i-1} \pm \Delta N_{i-1}$$

$$Ei = E_{i-1} \pm \Delta E_{i-1}$$

2.1.5.2.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4X24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 190

Identificación de los equipos.



Elaborada por: La autora.

2.1.5.2.6 Procedimiento.

1. Se ubicará el punto de control que constará de coordenadas UTM en el terreno.

Figura 191

Punto de control.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto de control, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable, para brindar una buena visualización al topógrafo y se encuentre cómodo al momento de visualizar los puntos necesarios.

Figura 192

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se ubica el trípode directamente sobre el punto de control, comprobando la posición del trípode, se mira por el orificio del centro en la cabeza del trípode para fijar el trípode aproximadamente.
4. Se presiona las puntas metálicas de las patas del trípode firmemente contra la superficie del terreno y se nivela la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas, presionando una pata fijamente y dos patas queden semi presionadas para centrar al punto de control.

Figura 193

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

5. Se verifica que la memoria o tarjeta SD se encuentre introducida, debido a que el equipo tendrá donde almacenar datos, con el motivo de poder exportar los datos tomados en campo. La capacidad máxima de almacenamiento de datos es de 10.000 puntos completos con datos RAW.

Figura 194

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

6. Se retira el instrumento de su protector y se verifica que no se encuentre ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode y se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 195

Plantada del equipo.



Elaborada por: La autora.

7. Ubicada la estación en el trípode se procede a encender el equipo, para verificar que la batería se encuentre en su capacidad máxima del 100%, la duración del equipo funciona alrededor de 13 horas dependiendo su uso y manejo. Además, se recomienda cargar al menos una batería extra cargada al 100%, debido a que el trabajo a realizar sea extenso se tiene una batería como respaldo, para poder continuar y no paralizar el trabajo en campo, por último, se apaga el equipo ya verificada la duración de la batería. (Nota: se extrae la batería del equipo y se conecta al cargador, indicando que la lámpara se encendida de color rojo significa que ha iniciado el proceso de recarga, se deja por 4 horas para que la recarga se encuentre completa mostrando la lámpara de color verde y se procede a desconectar. Verificar siempre la carga de baterías un día antes del trabajo).

8. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto de control y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el punto geodésico, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto de control y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.

Figura 196

Centrado mediante la plomada óptica.



Elaborada por: La autora.

9. Se procede a nivelar la estación total, se afloja las abrazaderas de la pata del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 197

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 198

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 199

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

11. Se verifica de nuevo mediante la plomada óptica que se encuentre correctamente centrada en el punto de control.
12. Correctamente centrado y nivelado el equipo, se procede a ubicar el norte magnético con la ayuda de la brújula. Se coloca la brújula en la base del telescopio como se indica en la imagen, ubicada la brújula y la estación total paralelas se direccionada al norte magnético con un ángulo de 0° y se ajusta el tornillo tangencial horizontal para que se mantenga fijamente la estación total.

Figura 200

Ubicación del norte magnético.



Elaborada por: La autora.

13. Se enciende la estación total, se presiona la tecla PWR.
14. Se formatea el equipo para que no exista confusión con los resultados existente en la memoria, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se aparece una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona la tecla (Enter) y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateada.

Figura 201

Encender el equipo y la opción menú.



Elaborada por: La autora.

Figura 202

Formatear el equipo.



Elaborada por: La autora.

Figura 203

Inicializando el equipo.



Elaborada por: La autora.

15. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido) debido a que partiremos de un punto geodésico con coordenadas UTM conocidas y se presiona Enter.

Figura 204

Punto de partida.



Elaborada por: La autora.

16. Se abre la siguiente pestaña, donde indica si partiremos mediante coordenadas o un ángulo de referencia, como en esta práctica se procede a realizar la toma de datos mediante un ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angul) y se presiona Enter.

Figura 205

Opción de medición.



Elaborada por: La autora.

17. Se nombra del punto de partida (A) donde se encuentra ubicada la estación y se presiona la tecla Enter. Se digita la altura instrumental (1.550) que se mide desde la cara superior del clavo hasta el eje de referencia de la estación.

Figura 206

Altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

18. Se presiona Enter, aparece una pestaña para colocar las coordenadas UTM del punto de control que son las coordenadas de partida de la estación total N:9967425.115 m, E:784200.172 m y Z:0.00 m; se coloca un código alfa numérico como referencia, no es necesario la elevación por el motivo que solo se realizara la medición de distancias y ángulos horizontales.

Figura 207

Coordenadas UTM.



Elaborada por: La autora.

19. Se presiona Enter, aparece la pestaña de vista posterior indicando que se seleccione la orientación mediante un ángulo de referencia, se presiona de nuevo Enter y aparece la opción donde se digita directamente un azimut 0° como el norte magnético de acuerdo al paso 10 anteriormente mencionado y se presiona Enter.

Figura 208

Ángulo de referencia al norte magnético.

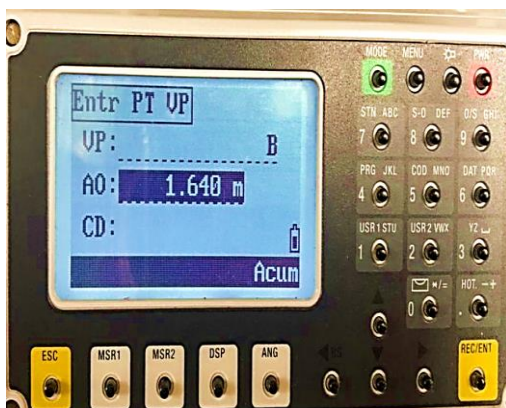


Elaborada por: La autora.

20. Se procede a medir la altura del prisma (AO: 1.640 m) desde la punta metálica hasta el centro del prisma con la ayuda de una cinta métrica, se introduce la altura de 1.640 m en el equipo y se presiona Enter.

Figura 209

Introducir la altura del prisma.



Elaborada por: La autora.

21. Se presiona dos veces Enter y aparece la pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada y lista para usar.

Figura 210

Equipo georreferenciado.



Elaborada por: La autora.

22. Se le comunica al cadenero que se ubique en el punto materializado del terreno (B), colocar el prisma en la cabeza del clavo y mantener correctamente centrado y nivelado el prisma.
23. Con la estación total referenciada al norte magnético se dirige la orientación de la estación total al punto B materializado, constatar que la cara principal de la estación se encuentre frente al observador y que se visualice la palabra FOCUS que representa la cara principal de la estación total. Se comenzará manipular los tornillos de la estación total y el telescopio para fijar la estación de forma permanente, se procede a visualizar por el telescopio al punto B para ajustar el tornillo tangencial de la placa superior y el tornillo tangencial vertical, hasta centrar el apuntador en el centro del prisma y mencionar al cadenero que mantenga centrado el prisma, por último, se presiona la opción MC1, se dispara y se presiona (ESC), dando como resultado el azimuth de entrada de $342^{\circ}10'49''$ y las coordenadas del punto B, N:9967432.743 m y E:784197.720 m.

Figura 211

Azimut de entrada.



Elaborada por: La autora.

Tabla 28

Azimut de entrada.

Azimut de Entrada		
Grados	Minutos	Segundos
342	10	49

Elaborada por: La autora.

24. Se apaga el equipo y se procede a plantar la estación total al punto materializado B, se arma el equipo como lo indica en los pasos del 2 al 9. Se enciende el equipo y se formatea el equipo como se indica en el paso 11, se coloca ESC hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido).
25. Se presiona Enter mostrando la pestaña en el cual se digita los datos del punto B donde se encuentra ubicada la estación total. Se digita en nombre del punto “B”, se presiona enter y se coloca N:9967432.743 m, E:784197.720 m, y Z:0.000 m; se presiona Enter y se coloca la altura instrumental AI: 1.530 m y se vuelve a presionar Enter, mostrando la pestaña (VistaPoster) y se selecciona la opción 1 (XYZ), debido a que se verificara el enlace entre ambos puntos con

coordenadas conocidas, se coloca las coordenadas del punto A (N:9967425.115 m, E:784200.172 m, Z:0.00 m y la altura del prisma AO: 1.640 m), se presiona Enter y se visualiza al punto A, se presiona MSR 1 y la estación se encuentra enlazada, se procede a disparar para verificar que el enlace se encuentre correcto y dentro de las condiciones, donde la diferencia de coordenadas no sobrepasen los 50 cm. Cumpliendo con la condición se procede a medir el ángulo interno desde el punto B hasta el punto 1, se le comunica al cadenero que se ubique en el punto 1 que aplome el prisma y se presiona MSR 1 y ESC, dando como resultado un ángulo interno αb : $100^{\circ}29'45''$ y una distancia horizontal de DH: 14.337 m.

Figura 212

Angulo interno del punto B.



Elaborada por: La autora.

26. Se mueve el equipo al punto 1, se procede a seguir los pasos 2 al 9. Se enciende el equipo y se formatea el equipo como se indica en el paso 11, se coloca ESC hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido). Se presiona Enter se nombra el punto donde se encuentra estacionado el equipo (1), se presiona Enter y se coloca las coordenadas N:0.00 m, E:0.00 m y Z:0.00 m, con una altura instrumental de AI: 1.578 m, se presiona Enter y aparece la pestaña (Entr PT VP) se nombra el punto a visar (B), se le comunica al cadenero que se

ubique en el punto B que aplome el prisma y se observa por el telescopio de la estación que este correctamente centrado el visor en el prisma y se ajusta el tornillo tangencial, se presiona Enter y se coloca la altura del prisma AO: 1.640 m, se presiona Enter y se presiona MSR1, indicando en la pestaña 00°00'00'', se gira el equipo y se le comunica al cadenero que se coloque en el punto 2 en la parte superior del clavo y que aplome, con la estación total visualizo al punto 2 que se encuentre correctamente centra el visor en el prisma, presiono MSR1 y ESC dando como resultado el ángulo interno ab: 142°20'36'' y la distancia horizontal de SD: 18.441 m entre la alineación formada del punto 1 y 2.

Figura 213

Angulo interno del punto 1.



Elaborada por: La autora.

27. Consecuentemente se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 24 de los siguientes puntos 2, 3, 4 y C.

Tabla 29

Resultados de los ángulos internos tomados en campo

Nro. Puntos	Altura Instrumental AI (m)	Ángulos Internos			Distancia Horizontal (m)
		Grados	Minutos	Segundos	
B	1.530	100	29	45	14.337

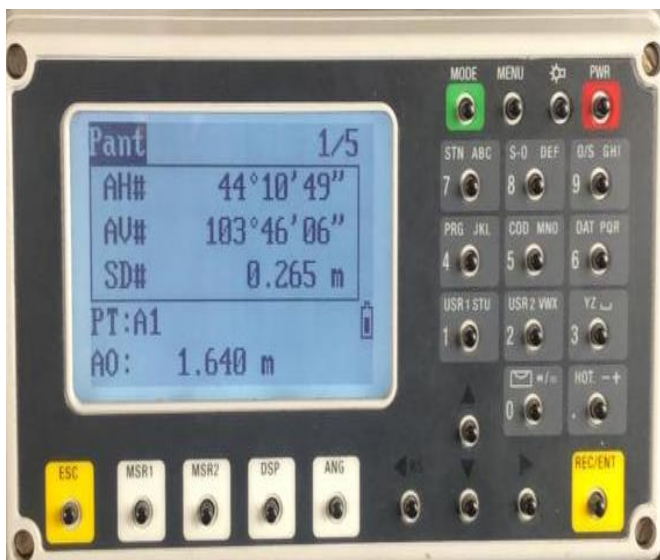
1	1.578	142	20	36	18.441
2	1.540	219	46	41	13.967
3	1.546	135	36	22	12.287
4	1.570	210	5	57	20.595
C	1.550	333	38	44	

Elaborada por: La autora.

28. Con los ángulos internos de los puntos mencionados se procede a realizar la toma del último punto de la poligonal abierta, se siguen los mismos pasos mencionados en el literal 2 hasta el literal 19 (AI:1.550 m, N:0.00 m, E:0.00 m, Z:0.00 m, AO:1.640 m y ángulo de referencia el norte magnético AZ:00°00'00'') se presiona dos veces Enter. Se le comunica al cadenero que se ubique en el punto D y aplome el prisma, se presiona MSR1 y ESC, dando como resultado un ángulo de salida de 44°10'49''.

Figura 214

Azimut de salida.



Elaborada por: La autora.

Tabla 30

Azimut de salida.

Azimut de Salida		
Grados	Minutos	Segundos
44	10	49

Elaborada por: La autora.

29. Finalmente, se exporta los puntos a una memoria SD. Se presiona la opción Menú, digitando la opción 1 (Trabajo) y se presiona Enter; se selecciona el trabajo creado y se presiona Enter. Se presiona ESC y se vuelve a la opción Menú, se digita la opción 5 (Comunicaciones); se verifica el modo de empleo a exportar los puntos, se presiona la opción 3 (Import/Export SD) y se presiona Enter, indicando el modo de exportación presionamos la opción 1 (Export a SD) y se presiona Enter, mostrando la pestaña de las especificaciones del trabajo a exportar, se vuelve a presionar Enter dos veces. Se procede a nombrar el trabajo a exportar a la memoria SD y se presiona Enter, indicando la cantidad de puntos a exportar y se presiona comenzar y se presiona nuevamente Enter comenzando a exportar los puntos, los puntos del trabajo se encuentran guardados en la memoria SD, terminando se introduce la memoria SD en el computador y se procede a la descarga de datos txt o cvs.

2.1.5.2.7 Cálculos.

AZ entrada: 342.180 sexagesimales

AZ salida: 44.154 sexagesimales

número de vértices N: 6

Coordenadas UTM:

Punto A (N: 9967425.115 m y E: 784200.172 m)

Punto B (N: 9967432.743 m y E: 784197.720 m)

Punto C (N: 9967400.316 m y E: 784129.147 m)

Punto D (N: 9967406.729 m y E: 784135.382 m)

Cálculos de ángulos horizontales corregidos y el error angular:

Transformación de los ángulos a sexagesimales

$$\alpha B = (100 + 29/60) + (42/3600)$$

$$\alpha B = 100.49583 \text{ sexagesimales}$$

Este mismo procedimiento se realiza para los demás ángulos horizontales.

Tabla 31

Ángulos horizontales.

Nº Puntos	Ángulos Horizontales			
	Grados	Minutos	Segundos	Sexagesimales
B	100	29	42	100.49583
1	142	20	36	142.34333
2	219	46	41	219.77806
3	135	36	22	135.60611
4	210	5	57	210.09361
C	333	38	44	333.64556

Elaborada por: La autora.

$$\varphi_2 - 3 = (225.019 + 219.778) \pm 180^\circ$$

$$\varphi_2 - 3 = 444.747 - 180^\circ$$

$$\varphi_2 - 3 = 264.797^\circ$$

Acimut en la alineacion 3-4:

$$\varphi_3 - 4 = (264.797 + 135.606) \pm 180^\circ$$

$$\varphi_3 - 4 = 400.403 - 180^\circ$$

$$\varphi_3 - 4 = 220.403^\circ$$

Acimut en la alineacion 4-C:

$$\varphi_4 - C = (220.403 + 210.094) \pm 180^\circ$$

$$\varphi_4 - C = 430.497 - 180^\circ$$

$$\varphi_4 - C = 250.497^\circ$$

Acimut en la alineacion C-D:

$$\varphi_C - D = (250.497 + 333.646) \pm 420^\circ$$

$$\varphi_C - D = 584.143 - 420^\circ$$

$$\varphi_C - D = 44.143^\circ$$

Error angular

$$Ea = \varphi_{AZ\ salida} - \varphi_C - D$$

$$Ea = 44.154 - 44.143$$

$$Ea = 0.011^\circ$$

Tolerancia angular

$$Ta = 0.0055555 * \sqrt{N}$$

$$Ta = 0.00555555 * \sqrt{6}$$

$$Ta = 0.014^\circ$$

Como $E_a < T_a$, cumple con la condición de angular, procedemos a distribuir el error en partes iguales a cada uno de los ángulos.

$$0.011^\circ < 0.014^\circ$$

Compensación angular

$$Ca = \frac{0.011}{6}$$

$$Ca = 0.00182^\circ$$

Tabla 32

Compensación angular.

Nº Puntos	Azimet (sexagesimales)	Compensación Angular
B		
1	262.676	0.00182
2	225.019	0.00182
3	264.797	0.00182
4	220.403	0.00182
C	250.497	0.00182
D	44.143	0.00182

Elaborada por: La autora.

Se procede acumular las compensaciones en cada punto, para verificar que los azimuts sean corregidos debe dar igual al azimet de salida en campo:

Tabla 33

Azimet corregido.

Nº Puntos	Azimet (sexagesimales)	Compensación Angular	Compensación Angular	Azimet Corregido (sexagesimales)
B				

1	262.676	0.00182	0.00182	262.678
2	225.019	0.00182	0.00363	225.023
3	264.797	0.00182	0.00545	264.803
4	220.403	0.00182	0.00727	220.411
C	250.497	0.00182	0.00908	250.506
D	44.143	0.00182	0.0109	44.154

Elaborada por: La autora.

Cálculo de las proyecciones Norte y Este, mediante la formulas trigonométricas:

$$Y = D \cos \alpha$$

$$X = D \sin \alpha$$

Proyección Norte y Este:

$$Y = 14.337 * \cos(262.678)$$

$$Y = -1.827 \text{ m}$$

$$X = 14.337 * \sin(262.678)$$

$$X = -14.220 \text{ m}$$

Se adjunta la tabla con los cálculos de las proyecciones Norte y Este.

Tabla 34

Cálculo de las proyecciones.

Nº Puntos	Azimet (sexagesimales)	Distancia Horizontal (m)	Proyección Norte (m)	Proyección Este (m)
B				
1	262.676	14.337	-1.827	-14.22
2	225.019	18.441	-13.035	-13.045
3	264.797	13.967	-1.265	-13.91

4	220.403	12.287	-9.356	-7.965
C	250.497	20.595	-6.873	-19.414

Elaborada por: La autora.

Se procede a realizar la compensación lineal de las coordenadas.

Sumatoria de las proyecciones Norte y Este:

$$\Sigma N = -1.827 - 1.035 - 1.265 - 9.356 - 6.873$$

$$\Sigma N = -32.355 \text{ m}$$

$$\Sigma E = -14.220 - 13.046 - 13.910 - 7.965 - 19.414$$

$$\Sigma E = -68.554 \text{ m}$$

Diferencia de coordenadas entre el punto C y B:

$$\text{Diferencia } N = 9967400.316 - 9967432.743$$

$$\text{Diferencia } N = -32.427 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia } E = 784129.147 - 784197.720$$

$$\text{Diferencia } E = -68.573 \text{ m}$$

Diferencias finales:

$$\text{Diferencia } N = -32.427 - (-32.355)$$

$$\textbf{Diferencia } N = -0.072 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia } E = -68.573 - (-68.554)$$

$$\textbf{Diferencia } E = -0.019 \text{ m}$$

Corrección de coordenadas Norte y Este:

$$\text{Correccion } N = \frac{\text{Diferencia } N}{LT}$$

$$\text{Correccion } E = \frac{\text{Diferencia } E}{LT}$$

Es la sumatoria de las distancias horizontales:

$$LT = 14.337 + 18.441 + 13.967 + 12.287 + 20.595$$

$$LT = 79.627 \text{ m}$$

$$\text{Correccion } N = \frac{-0.072}{79.627}$$

$$\text{Correccion } N = -0.000902 \text{ m}$$

$$\text{Correccion } E = \frac{-0.019}{79.627}$$

$$\text{Correccion } E = -0.000236 \text{ m}$$

Verificación de la tolerancia lineal.

$$\text{Error lineal} = \sqrt{\text{Diferencia } N^2 + \text{Diferencia } E^2}$$

$$\text{Error lineal} = \sqrt{(-0.072)^2 + (-0.019)^2}$$

$$\text{Error lineal} = 0.074$$

$$TL = 0.015\sqrt{LT}$$

$$TL = 0.015\sqrt{79.627}$$

$$TL = 0.134 \text{ m}$$

Cumple con la condición lineal $TL > \text{Error lineal}$, continuamos con los cálculos de compensación lineal.

Continuamos con el cálculo de las correcciones en cada punto:

$$\text{Correccion } N = -0.000902 * 14.337$$

$$\text{Correccion } N = -0.0129 \text{ m}$$

$$\text{Correccion } E = -0.000236 * 14.337$$

$$\text{Correccion } E = -0.0034 \text{ m}$$

Tabla 35*Correcciones lineales.*

Nº Puntos	Azimet (sexagesimales)	Distancia Horizontal (m)	Proyección Norte (m)	Proyección Este (m)	Corrección N (m)	Corrección E (m)
B						
1	262.676	14.337	-1.827	-14.22	-0.0129	-0.0034
2	225.019	18.441	-13.035	-13.045	-0.0166	-0.0044
3	264.797	13.967	-1.265	-13.91	-0.0126	-0.0033
4	220.403	12.287	-9.356	-7.965	-0.0111	-0.0029
	250.497	20.595	-6.873	-19.414	-0.0186	-0.0049

Elaborada por: La autora.

Proyecciones finales de las coordenadas Norte y Este y coordenadas UTM finales:

Tabla 36

Resultados de las coordenadas UTM calculadas de la poligonal abierta.

N° Puntos	Azimut (Sexagesimales)	Distancia Horizontal (m)	Proyección Norte (m)	Proyección Este (m)	Corrección N (m)	Corrección E (m)	Proyección Norte Corregidas (m)	Proyección Este Corregidas (m)	Coordenadas UTM	
									Norte (m)	Este (m)
B			-1.827	-14.22	-0.0129	-0.0034	-1.84	-14.223	9967432.7	784197.72
	262.676	14.337								
1			-13.035	-13.045	-0.0166	-0.0044	-13.051	-13.049	9967430.9	784183.5
	225.019	18.441								
2			-1.265	-13.91	-0.0126	-0.0033	-1.278	-13.913	9967417.9	784170.45
	264.797	13.967								
3			-9.356	-7.965	-0.0111	-0.0029	-9.367	-7.968	9967416.6	784156.53
	220.403	12.287								
4			-6.873	-19.414	-0.0186	-0.0049	-6.891	-19.419	9967407.2	784148.57
	250.497	20.595								
C									9967400.3	784129.15

Elaborada por: La autora.

2.1.5.2.8 Conclusiones.

- En la práctica se concluye que la poligonal abierta estará conformada de 6 vértices, en el cual constará de un azimuth de entrada de $342^{\circ}10'49''$ medido entre el norte magnético y la alineación A-B representando en sentido horario y un azimuth de salida de $44^{\circ}10'49''$ medido desde el norte magnético a la alineación C-D.
- Mediante la verificación angular y lineal de la poligonal abierta con puntos de control, nos dio como resultado la tolerancia angular de 0.0136° , el error angular de 0.0109° , el error lineal de 0.0743 m y la tolerancia lineal de 0.134 m, por lo cual se concluye que la condición angular cumplió con el requerimiento de que el error angular sea menor que la tolerancia, por lo cual se procedió a verificar la condición lineal donde el error lineal es menor que la tolerancia lineal, lo que indica que la poligonal abierta cumple con las condiciones angulares y lineales.
- Por último, se concluye que mediante los dos puntos conocidos con coordenadas UTM, a través de la formula trigonométrica se obtiene las coordenadas de los puntos 1, 2, 3, y 4.

Tabla 37

Resultado coordenadas finales.

Nro est	coordenadas	
	Norte (m)	Este (m)
A	9967425.115	784200.172
B	9967432.743	784197.720
1	9967430.903	784183.497
2	9967417.852	784170.447
3	9967416.574	784156.534
4	9967407.207	784148.566

C	9967400.316	784129.147
D	9967406.729	784135.382

Elaborada por: La autora.

2.1.5.2.9 Recomendaciones.

- Se recomienda mantener correctamente centrado y nivelado el prisma para la toma de ángulos internos de la poligonal abierta
- Se recomienda verificar que cumplan las condiciones angulares y lineales.
- Se sugiere orientar correctamente el norte magnético para el azimuth de partida de la poligonal para obtener correctamente los azimuths de cada vértice formado en la poligonal.
- Se sugiere realizar la poligonal para obras lineales como canales, vías y tuberías.

2.1.5.2.10 Croquis.

Figura 215

Ubicación de los puntos representados en la poligonal abierta.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.6 Nivelación geométrica.

2.1.6.1 Nivelación simple

2.1.6.1.1 *Introducción.*

La práctica consiste en realizar una nivelación, que trabaja con un conjunto de operaciones matemáticas por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a la superficie horizontal del terreno. En el que comienza desde un punto de control o un BM, trabaja como base de referencia de cotas de inicio del terreno del cual será la primera lectura a realizar por el aparato, una nivelación sirve para poder elaborar un proyecto, como para lograr replantear el mismo, ya que es una base fundamental para el desarrollo de una obra civil antes y después de la construcción. La nivelación es una de las aplicaciones más comunes en ingeniería civil, ya que un terreno debe estar correctamente nivelado para realizar cualquier tipo de construcción y se verifica la práctica mediante los errores de lectura de los puntos tomados.

2.1.6.1.2 *Objetivos.*

1. Nivelar correctamente el nivel topográfico para que no exista distorsión en la lectura de datos.
2. Verificar las cotas o elevaciones de los puntos tomados con el nivel topográfico mediante el método de la nivelación simple.

2.1.6.1.3 *Alcance.*

La nivelación constará de un punto de control o un BM como referencia de partida, con la ayuda de los equipos y herramientas de nivelación, se realizará varias tomas de lecturas en el terreno con la finalidad de obtener las cotas o elevaciones de los puntos representados.

2.1.6.1.4 Marco teórico.

La nivelación es un término genérico que se aplica a cualquiera de los procedimientos a través de los cuales se determinan elevaciones o diferencias entre las mismas. Es la técnica desarrollada para la medición de la altitud y la interpretación de sus resultados. Su objetivo es determinar la diferencia de altura entre puntos con respecto a un plano de comparación el más usual el nivel del mar o un plano de comparación arbitraria.

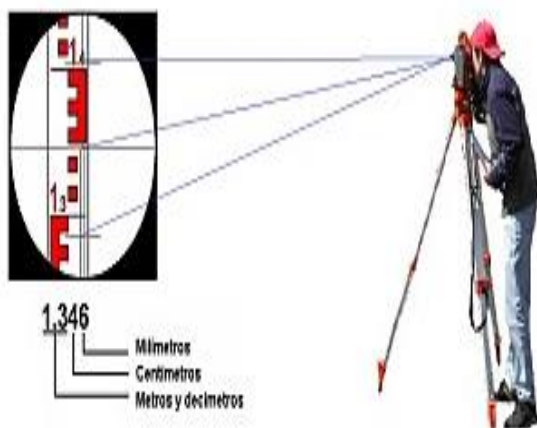
La lectura sobre un punto de cota conocida se denomina vista atrás; esta sumada a la cota del punto, da la altura del aparato. Las lecturas sobre diferentes puntos, se denominan vista intermedia, y estas restadas de la altura del aparato, dan la cota de cada punto.

Nivelación geométrica.

La nivelación directa o geométrica es el sistema más empleado en trabajos de ingeniería, pues permite conocer rápidamente diferencias de nivel por medio de lectura directa de distancias verticales, donde puede ser nivelación simple o compuesta. Es el método más preciso para determinar diferencias de nivel y uno de los más usados.

Figura 216

Nivelación.



Fuente: AXISIMA, 2016.

Partes del Nivel topográfico.

Figura 217

Partes del nivel.



Fuente: Guía de usuario del nivel ZAL132, 2017.

Especificaciones técnicas.

Telescopio	
Características	ZAL132
Aumento	24x
Apertura del objetivo	36 mm
Imagen	Directa
Campo de visión	< 2.1 m a 100 m
Retículo	Doble cruz, con líneas de estadía
Constante de multiplicación para estadía	100
Constante aditiva para estadía	0
Compensador	
Sistema de amortiguación	Automático, por aire
Rango de trabajo	$\pm 1.5''$
Precisión (Desviación estándar)	< 0.5''
Precisión de nivel	
Desviación estándar para 1km nivelación doble	2.0 mm - 2.5 mm
Circulo horizontal	
Diámetro	106 mm
Graduación/ intervalos	360/1
General	

Sensibilidad de la brújula
Espejo para la burbuja circular
Tornillo de movimiento fino
Resistencia al polvo y agua
Base/ rosca base
Peso
Rango de temperatura de operación

8`/2 mm
Espejo plano
Tornillo sin fin de ambos lados
Conforme a IP54 8IEC60529)
Cónico y plano / 5/8`
1.5 kg
-20° C + 40° C

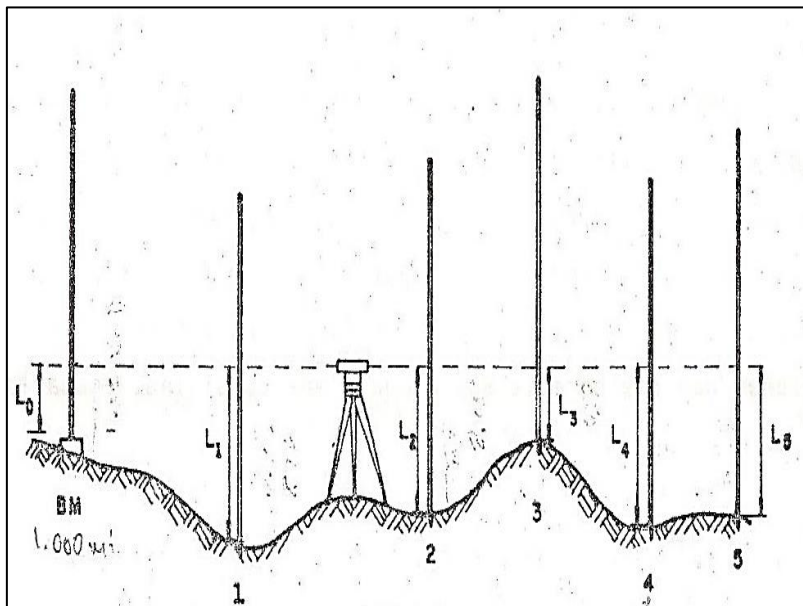
Fuente: Guía de usuario del nivel ZAL132, 2017.

Nivelación simple.

La nivelación simple consta de un punto de control o un BM que será la primera lectura al realizar, en el que esta nivelación solo consta de estacionar el aparato una sola vez en un punto del cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad en el terreno para la toma de lecturas de los puntos establecidos, con la finalidad de obtener las cotas o elevaciones del terreno que se desea nivelar.

Figura 218

Nivelación simple.

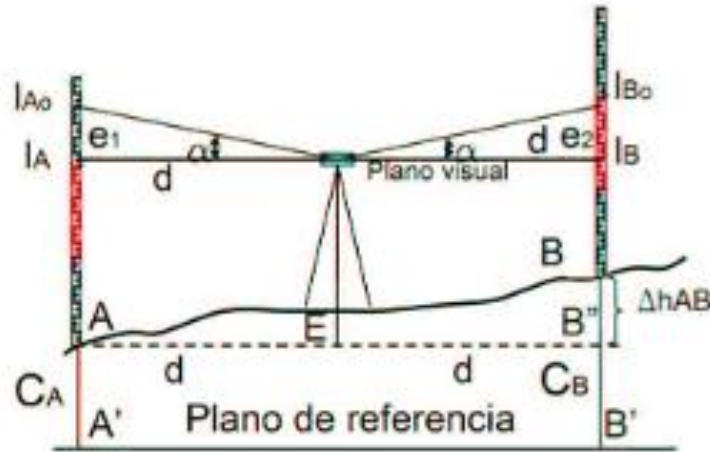


Elaborada por: La autora.

La nivelación simple puede realizarse por los siguientes métodos:

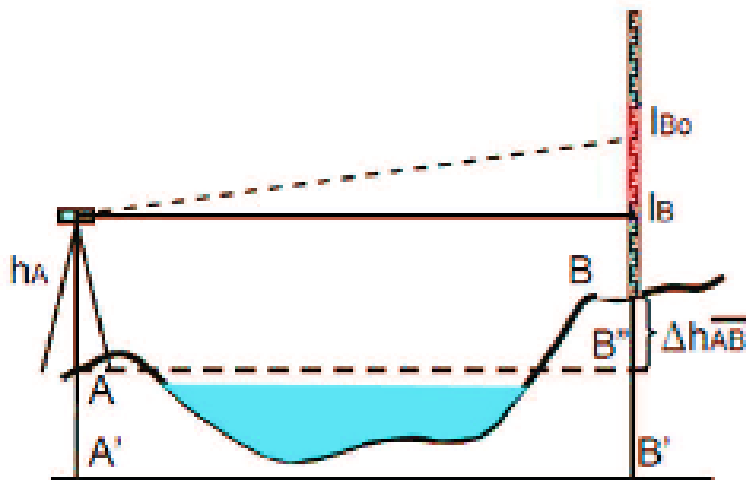
- **Por un punto medio:** este método es el más recomendable y sencillo, en el que consiste en estacionar el nivel en la mitad de la distancia entre dos puntos establecidos cuyo

desnivel pretendemos encontrar con la diferencia de lecturas de mira, además de eliminar la influencia de errores sistemáticos.



$$\Delta h_{AB} = I_{A0} - I_{B0}$$



- **Método del punto extremo:** consiste en estacionar el nivel en uno de los extremos y la mira se coloca en el otro extremo, donde el desnivel será la resta de la lectura de la mira y la altura del instrumento, este método es de rápida ejecución, pero de muy baja precisión.



$$\Delta h_{AB} = h_A - I_B$$

Monografía.

Datos del punto de control.

PROYECTO:	QUEBRADA DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 02 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ‘ ”):	0°16'54,51453"S	NORTE (m):	9968822,893
LONGITUD (° ‘ ”):	78°33'01,98273"O	ESTE (m):	772642,717
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2909,829	ELEVACIÓN (m):	2884,143
FECHA DE DETERMINACIÓN:		26 / Noviembre / 2019	
NÚMERO DE REGISTRO:		080	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
			
ACCESIBILIDAD		UBICACIÓN	
<p>Partiendo desde el centro comercial "Quicentro SUR", nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque "B" (secretaria) atrás de los parqueaderos.</p>		<p>El hito se encuentra ubicado frente al bloque "B" a 80 (metros) en dirección N 60°W cruzando los parqueaderos, junto a la quebrada.</p>	
Elaborado por:			
ESTUDIANTES DE LA U.P. S			

2.1.6.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Tripode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

Figura 219

Identificar los equipos.



Elaborador por: La autora.

2.1.6.1.6 Procedimiento.

1. Se ubica en punto geodésico conocido con cota o altura comprobado (BM).

Figura 220

Punto geodésico o BM.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de varios puntos y el BM para realizar la nivelación, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 221

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.
4. Se extrae el nivel topográfico de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 222

Plantada del nivel topográfico.



Elaborada por: La autora.

5. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja, si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.

Figura 223

Equipo centrado.



Elaborada por: La autora.

6. Se le comunica al cadenero que se ubique en el punto geodésico conocido o BM con la mira para realizar la primera lectura atrás, en el que ese punto constara de una cota o elevación de inicio

Figura 224

Punto geodésico o BM.



Elaborada por: La autora.

7. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos establecidos para realizar la nivelación simple, que se visualizan en la primera plantada del equipo.

Figura 225

Equipo listo para las lecturas.



Elaborada por: La autora.

8. Por último, se toma el último punto establecido a visualizar que será la lectura adelante, por el motivo de que esta práctica consta de una sola plantada del equipo en el terreno.

2.1.6.1.7 Cálculos.

Se procede a calcular la altura del instrumento:

$$A + I = Cota + Vista\ atras$$

$$A + I = 2884.143 + 2.975$$

$$A + I = 2887.118\ m$$

$$Cota1 = (A + I) - V. Intermedia$$

$$Cota1 = 2887.118 - 3.023$$

$$Cota1 = 2884.095\ m$$

Se realiza la verificación de las lecturas tomas en campo que cumplan con la diferencia de cota de inicio y fin con la diferencia de lecturas atrás y adelante.

$$Error\ de\ lecturas = Lectura\ atras - Lectura\ adelante$$

$$Error\ de\ lecturas = 2.975 - 1.441$$

$$Error\ de\ lecturas = 1.534\ m$$

$$Diferencia\ de\ cotas = cota\ final - cota\ inicial$$

$$Diferencia\ de\ cotas = 2885.677 - 2884.143$$

$$Diferencia\ de\ cotas = 1.534\ m$$

$$Verificaciòn = Diferencia\ de\ cotas - Error$$

$$Verificaciòn = 1.534 - 1.534$$

$$Verificaciòn = 0\ m$$

Hoja de cálculos.

Tabla 38

Cotas de los puntos representados.

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)	Observaciones
E1	BM	2884.143	2975			2.975					
	A1	2884.095	3023				3.023				
	A2	2884.228	2890				2.890				
	A3	2884.443	2675				2.675				
	A4	2884.466	2652				2.652				
	A5	2884.595	2523				2.523				
	A6	2885.020	2098				2.098				
	A7	2885.781	1337				1.337				
	A8	2886.044	1074				1.074				
	A9	2886.163	955				0.955				
	A10	2885.952	1166				1.166				
	A11	2885.780	1338				1.338				
	A12	2885.654	1464				1.464				
	A13	2885.650	1468				1.468				
	A14	2885.666	1452				1.452				
	A15	2885.645	1473				1.473				
	A16	2885.677	1441				1.441				

Elaborada por: La autora.

2.1.6.1.8 Conclusiones.

- Mediante los conceptos básicos aplicados se interpretó correctamente la práctica de nivelación simple, verificando que en las lecturas de los puntos el equipo se mantuvo siempre centrado.
- Se concluye que mediante la cota de partida y la cota final nos da una diferencia de 1.534 m, por lo tanto, es igual al error de lecturas de 1.534 lo que significa que la nivelación simple se encuentra correctamente realiza.

2.1.6.1.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que, si el error de lecturas no es igual a la diferencia de cotas de partida y la cota final, se vuelva a realizar la práctica por el motivo de que no se encuentra correctamente nivelada.
- No se recomienda realizar la practica en un día muy soleado ya que distorsiona la visibilidad de la lectura de puntos y afecta a la vista del topógrafo.
- Se recomienda tener claros los conceptos de lectura atrás, intermedia y adelante, por el motivo que si se coloca mal una lectura se presentara errores en la verificación de cotas.

2.1.6.10 Croquis.

Figura 226

Ubicación del BM.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.6.2 Nivelación compuesta.

2.1.6.2.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar un levantamiento topográfico mediante el método de la nivelación compuesta, en el que constara de un punto de control o un BM. A través de este método se obtiene las elevaciones o cotas de los distintos puntos tomados en campo, en el que pondremos en prácticas nuestros conocimientos básicos de topografía y del uso del nivel topográfico, se verifica la cota de partida y la cota de llegada y la diferencia de ellas, da el error de cierre de nivelación.

2.1.6.2.2 Objetivos.

1. Nivelar correctamente el nivel topográfico para que no exista distorsión en la lectura de datos.
2. Verificar los resultados de las cotas mediante el método de la nivelación compuesta.

2.1.6.2.3 Alcance.

La nivelación compuesta constara de una serie de nivelaciones simples por puntos de cambio en el terreno, con la ayuda del nivel topográfico y la mira se realiza tomas de lecturas de los puntos en el terreno con la finalidad de obtener las cotas o elevaciones.

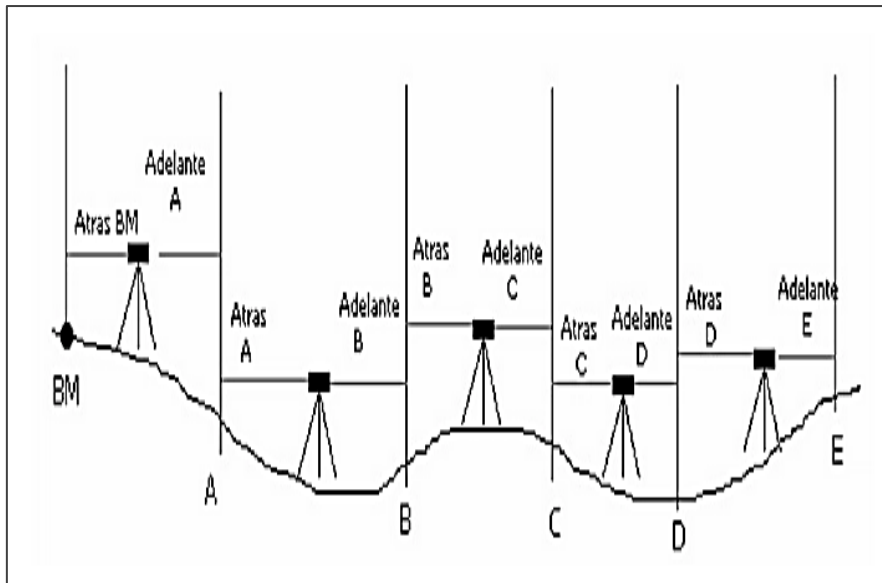
2.1.6.2.4 Fundamento teórico.

Nivelación compuesta.

La nivelación compuesta es similar a la nivelación simple la gran diferencia es que se realizará varias plantadas para la toma de lecturas de punto de un terreno, en lo cual existirá distintas alturas de instrumentos dependiendo el número de veces que se plantea el equipo. Normalmente este tipo de nivelación se la realiza para terrenos que son bastantes accidentados y exceden visuales de 200 m.

Figura 227

Nivelación compuesta.



Elaborada por: La autora.

Chequeo de nivelación.

Se realiza para estar seguro de no haber cometido error en las operaciones aritméticas o en las anotaciones en la cartera. Se basa el chequeo en que la sumatoria de la vista atrás menos la sumatoria de la vista adelante sea igual a la diferencia de cotas en el primer punto y el último punto.

$$\Sigma \text{ Vista atras} - \Sigma \text{ Vista adelante} = \text{Cota inicial} - \text{Cota final}$$

2.1.6.2.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

Figura 228

Identificar los equipos.



Elaborador por: La autora.

2.1.6.2.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno que conste de un punto geodésico conocido o un BM.

Figura 229

Punto geodésico o BM.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de puntos, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 230

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.
4. Se extrae el nivel de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 231

Montaje del nivel.



Elaborada por: La autora.

5. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja, si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.

Figura 232

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

6. Se le comunica al cadenero que se coloque el punto geodésico conocido con la mira para realizar la primera lectura atrás, para obtener nuestra nueva cota de referencia.

Figura 233

Visualización al BM.



Elaborada por: La autora.

7. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos que se puedan visualizar en la primera plantada del equipo, se toma la lectura del último punto posible de visualizar esa lectura será la lectura adelante, se le comunica al cadenero que se mantenga en la mira fija en el punto; se

retira el equipo y se procede a realizar una nueva plantada del nivel topográfico se procede a realizar el paso 2, 3, 4 y 5. Se realiza la primera lectura atrás del punto fijo para encontrar la nueva cota de referencia.

8. Se procede a la toma de lecturas intermedias de los puntos que son posibles visualizar hasta volver a realizar una nueva plantada del equipo, se volverá a realizar el paso 7 dependiendo del área a nivelar y de cómo se encuentre el terreno.

2.1.6.2.7 Cálculos.

Se calcula la cota de referencia de la primera plantada del equipo mediante la siguiente formula:

$$A + I = Cota + Vista atras$$

$$A + I = 2884.143 + 0.225$$

$$A + I = 2884.368 \text{ m}$$

Mediante la cota de referencia 2887.118 m se calcula las siguientes cotas:

$$Cota = (A + I) - Lectura intermedia$$

$$Cota = 2884.368 - 0.941$$

$$Cota = 2883.427 \text{ m}$$

Así sucesivamente se realiza el cálculo de las cotas del terreno.

Se realiza el mismo método para el cálculo de la segunda plantada:

$$Cota = (A + I) - Lectura intermedia$$

$$Cota = 2884.368 - 5.584$$

$$Cota = 2878.784 \text{ m}$$

$$A + I = Cota + Vista atras$$

$$A + I = 2878.784 + 1.019$$

$$A + I = 2879.803$$

Este procedimiento se realiza el número de veces necesarias para el cálculo de las cotas de referencia ya que depende del número de plantadas del nivel topográfico.

Se adjunta la hoja de cálculo:

Tabla 39*Cotas de la nivelación compuesta.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)
E1	BM	2884.143	225			0.225						
	A1	2883.427	941				0.941					
	A2	2884.015	353				0.353					
	A3	2883.499	869				0.869					
	A4	2881.608	2760				2.760					
	A5	2880.478	3890				3.890					
	A6	2879.433	4935				4.935					
	A7	2878.794	5574				5.574					
	A8	2878.784	5584				5.584					
E2	A8	2878.784	1019			1.019						
	A9	2878.652	1151				1.151					
	A10	2878.193	1610				1.610					
	A11	2878.069	1734				1.734					
	A12	2877.924	1879				1.879					
	A13	2877.809	1994				1.994					
	A14	2877.746	2057				2.057					
E3	A14	2877.746	1780			1.780						
	A15	2877.969	1557				1.557					
	A16	2877.971	1555				1.555					
	A17	2877.952	1574				1.574					
	A18	2877.905	1621				1.621					
	A19	2877.842	1684				1.684					
	A20	2877.542	1984				1.984					
	A21	2876.979	2547				2.547					

Elaborada por: La autora.

Se realiza la verificación de las lecturas tomadas en campo que cumplan con la diferencia de cota de inicio y fin con la diferencia de lecturas atrás y adelante.

$$\text{Error de lecturas} = \text{Lectura atrás} - \text{Lectura adelante}$$

$$\text{Error de lecturas} = 1.019 + 1.780 + 0.225 - (5.584 + 2.057 + 2.547)$$

El resultado se toma en valor absoluto, no se tiene en cuenta el signo del error.

$$\text{Error de lecturas} = 7.164 \text{ m}$$

$$\text{Diferencia de cotas} = \text{cota final} - \text{cota inicial}$$

$$\text{Diferencia de cotas} = 2876.979 - 2884.143$$

$$\text{Diferencia de cotas} = 7.164 \text{ m}$$

$$\text{Verificación} = \text{Diferencia de cotas} - \text{Error}$$

$$\text{Verificación} = 7.164 - 7.164$$

$$\text{Verificación} = 0 \text{ m}$$

2.1.6.2.8 Conclusiones.

- Se concluye que al tener una buena interpretación de los conceptos básicos de nivelación la práctica es sencilla a realizar.
- A través de la cota de partida y la cota final se concluye que nos da una diferencia de 7.164 m, por lo tanto, es igual al error de lecturas de 7.164 m lo que significa que la nivelación compuesta se encuentra correctamente realiza.

2.1.6.2.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que al momento de plantar el nivel topográfico se encuentre correctamente nivelado, ya que por motivos de un constante movimiento no se haga un correcto nivelado del equipo.
- Se recomienda tener claro los conceptos de lecturas, ya que si ubica mal un dato tomado en campo existirá errores en las lecturas y errores en las diferencias de cotas.
- No se recomienda realizar la practica en un día muy soleado ya que distorsiona la visibilidad de la lectura de puntos y afecta a la vista del topógrafo.
- Se sugiere que este método de nivelación se realice en terreno bien extensos que sean mayor a 300 m.

2.1.6.2.10 Croquis.

Figura 234

Ubicación del BM.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.6.3 Contranivelación.

2.1.6.3.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar la comprobación del método de contranivelación, que trabaja en conjunto de operaciones matemáticas por medio de las cuales se determina la elevación de uno o varios puntos representados respecto a la superficie horizontal del terreno. En el que comienza desde un punto de control o un BM con una cota conocida que será la misma cota de cierre, una nivelación sirve para poder elaborar un proyecto, como para lograr replantear el mismo, ya que es una base fundamental para los distintos tipos de obras civiles antes de la construcción.

2.1.6.3.2 Objetivos.

1. Comprobar el método de la contranivelación a partir de un punto de control o un BM.
2. Interpretar los conceptos básicos de la nivelación simple y compuesta.
3. Verificar el error de nivelación del terreno mediante el método de contranivelación.

2.1.6.3.3 Alcance.

Un levantamiento topográfico se realizará mediante el método de contranivelación, que constará de una serie de nivelaciones simples, con la ayuda de equipos y herramientas de nivelación se realiza varias tomas de lecturas en el terreno con la finalidad de obtener las cotas o elevaciones de los puntos representados.

2.1.6.3.4 Fundamento teórico.

Contranivelación.

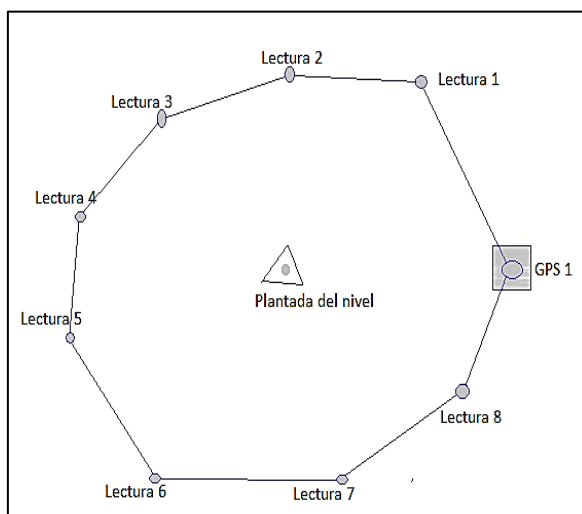
Es un conjunto de series de nivelaciones tanto sea simple o compuesta, que consta de un BM que son puntos de control relativamente permanentes, en el cual estará formado por un punto de control como inicio y final de la nivelación del terreno. En este método la cota de inicio es la misma que la cota final ubicada en el mismo punto, se realiza desde una dirección de partida,

donde se realizara la nivelación del terreno casi formando una poligonal cerrada, en la que constara de distintos puntos no materializados, si se comienza por el lado derecho se finaliza por el lado izquierdo con la misma cota de inicio. Este metido sirve para verificar que los datos se encuentren correctamente tomados en campo.

En la contranivelación se realiza en sentido antihorario, como se muestra en la imagen, se planta el nivel en un lugar con visibilidad a varios puntos no materializados.

Figura 235

Interpretación de la contranivelación.



Elaborada por: La autora.

La tolerancia de cierre no debe pasar un centímetro ya que por motivos externos del prisma se puede mover o desplazar, se realizará la misma verificación de lecturas anteriormente ya mencionadas.

En este caso se requiere seguir este procedimiento:

1. Apuntar con la ayuda del anteojo del nivel topográfico sobre la mira.
2. Enfocar y aclarar la imagen de visualización.
3. Realizar las lecturas con el hilo central sobre la mira.
4. Errores comunes en nivelaciones son los siguientes:

5. El topógrafo puede tener error al leer la mira.
6. Errores al momento de dictar la altura y errores al anotar, verificar siempre la libreta de los datos tomados en campo.
7. Mantener fijo el punto de cambio, para la toma de vista atrás y vista adelante para la lectura.
8. Falta de perpendicularidad.
9. Verificar que la mira mantenga la burbuja centrada en cada lectura.
10. Plantar el nivel en un terreno resistente y firme.

Tolerancia de nivelación.

Tabla 40

Tolerancia de nivelación.

NIVELACIONES	TOLERANCIAS (mm)
Ida y regreso	$T = 10\sqrt{K}$
Doble punto de liga	$T = 15\sqrt{K}$
Doble altura de aparato	$T = 20\sqrt{K}$

Fuente: Topografía, 2000.

K: es la suma de la distancia recorrida en Km.

Correcciones de cotas.

Este método consiste en compensar cada punto en donde se encuentre ubicado el punto materializado, tanto en ida y vuelta de la toma de lecturas de los puntos.

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error(mm)$$

Además, existe el método de compensación de estacionamiento, es el cual se realiza la compensación únicamente en el punto donde se cambió de estacionamiento el equipo, donde se toma dos lecturas por el cambio de posición.

$$\textit{Compensaci\`on} = \frac{\textit{Error (mm)}}{\# \textit{cambios de estaci\`on}}$$

2.1.6.3.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

Figura 236

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.6.3.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno que conste de un BM.

Figura 237

Ubicación del BM.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de varios puntos, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 238

Plantada del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.
4. Se extrae el nivel de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 239

Colocación del nivel en el trípode.



Elaborada por: La autora.

5. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja, si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.

Figura 240

Plantada del nivel topográfico.



Elaborada por: La autora.

6. Se le comunica al cadenero que se coloque el punto geodésico conocido con la mira para realizar la primera lectura atrás, en el que ese punto constara de una cota o elevación de inicio.

Figura 241

Visualización al BM.



Elaborada por: La autora.

7. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos que sean posibles visualizar.

Figura 242

Visualización a los puntos representados para la toma de sus lecturas.



Elaborada por: La autora.

8. Por último, se toma la lectura ubicada en el punto geodésico conocido como cota de cierre, para verificar la nivelación realizada; con los puntos representados se procede a medir con la ayuda de la cinta métrica las distancias horizontales de todas las alineaciones que forman la contranivelación.

2.1.6.3.7 Cálculos.

Se calcula la cota de referencia de la primera plantada del equipo mediante la siguiente formula:

$$H + I = Cota + Vista\ atras$$

$$H + I = 2884.143 + 2.855$$

$$H + I = 2886.998\ m$$

Mediante la cota de referencia 2886.998 m se calcula las siguientes cotas:

$$Cota1 = (A + I) - Lectura\ intermedia$$

$$Cota1 = 2886.998 - 2.671$$

$$Cota1 = 2884.327\ m$$

De igual manera se realiza para el resto de puntos.

Cálculo del error de nivelación.

$$Error = cota\ de\ inicio - cota\ final$$

$$Error = 2884.143 - 2884.144$$

$$Error = 0.001\ m$$

$$Error = 1\ mm$$

Cálculo de tolerancia

$$T = 15\sqrt{K}$$

$$T = 15\sqrt{205.692/1000}$$

$$T = 6.803\ mm$$

Se procede a realizar la compensación en cada punto, verificando que la tolerancia sea mayor que el error de cierre de la nivelación.

$$6.803\ mm > 1\ mm$$

Se realiza los cálculos por el método de compensación en cada punto en ida y vuelta de la línea, mediante la siguiente formula:

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error$$

$$Comp1 = \frac{11.850}{205.692} * 0.001$$

$$Comp1 = 0.0000576 \text{ m}$$

Se realiza el mismo procedimiento para el resto de compensaciones de los puntos representados, teniendo en cuenta que distancia parcial es la acumulada en cada punto.

Se procede a sumar la cota más la compensación para todos los puntos representados.

Tabla 41*Resultados de la contranivelación.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)
E1	BM	2884.143	2855		1	2.855				2884.143		
	A1	2884.327	2671	11.850			2.671	11.850	0.0000576	2884.327	0.00100	2884.328
	A2	2884.448	2550	21.620			2.550	33.470	0.0001627	2884.448	0.00100	2884.449
	A3	2885.704	1294	26.450			1.294	59.920	0.0002913	2885.704	0.00100	2885.705
	A4	2885.695	1303	9.350			1.303	69.270	0.0003368	2885.695	0.00100	2885.696
	A5	2885.672	1326	22.700			1.326	91.970	0.0004471	2885.672	0.00100	2885.673
	A6	2885.707	1291	15.650			1.291	107.620	0.0005232	2885.708	0.00100	2885.708
	A7	2884.009	2989	21.365			2.989	128.985	0.0006271	2884.010	0.00100	2884.010
	A8	2883.999	2999	17.400			2.999	146.385	0.0007117	2884.000	0.00100	2884.000
	A9	2883.979	3019	13.250			3.019	159.635	0.0007761	2883.980	0.00100	2883.980
	A10	2883.996	3002	20.802			3.002	180.437	0.0008772	2883.997	0.00100	2883.997
	A11	2883.139	3859	14.705			3.859	195.142	0.0009487	2883.140	0.00100	2883.140
	A12	2884.144	2854	10.550			2.854	205.692	0.0010000	2884.145	0.00100	2884.145

Elaborada por: La autora.

2.1.6.3.8 Conclusiones.

- Mediante la interpretación de conceptos básicos de nivelación se concluye que la práctica se realiza de una manera rápida y sencilla, debido a que es consecuente a las practicas anteriormente realizada en el manual.
- Se concluye que con los resultados de las cotas si cumplen con la tolerancia permitida, ya que existe 2 mm de error entre las cotas de inicio y fin, debido que el estado climático estaba soleado produjo distorsión en la visualización de lecturas y además por el motivo de que el cadenero no centro correctamente la mira al momento de realizar la lectura.

2.1.6.3.9 Recomendaciones.

- Se sugiere que la diferencia de cotas no sobrepase los 10 mm de error debido a que se debe cumplir con las toleraciones topográficas ya establecidas.
- Se le recomienda al cadenero que mantenga correctamente nivelado y centrado la mira para que no exista mucha distorsión en la toma de lecturas de alturas.
- Se recomienda plantar en nivel topográfico en un punto donde se pueda visualizar la toma de lecturas de los puntos ubicados en el terreno.

2.1.6.3.10 Croquis.

Figura 243

Ubicación del BM.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.6.4 Nivelación de una línea.

2.1.6.4.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar la nivelación de una línea, compuestas por abscisas que representan las distancias horizontales y ordenadas correspondiente a las cotas, la línea se ira formando cada 20, es un método conveniente donde existe una mayor precisión en sus resultados que trabaja en conjunto la altimetría y la planimetría, en el que empieza desde un BM o una estaca con cota conocida del punto fijo, se tomaran lecturas de vista adelante, intermedia y atrás de los puntos colocados en el terreno, teniendo como referencia un BM. Constará de nivelación compuesta debido a que el terreno es montañoso y es necesario varios estacionamientos del equipo.

2.1.6.4.2 Objetivos.

1. Colocar en el terreno estacas cada 20 m formando una línea como eje de referencia mediante la estación total.
2. Centrar correctamente el nivel topográfico y la mira al momento de tomar lecturas, anotar correctamente.
3. Verificar las cotas en ida y vuelta de la línea base del terreno que cumplan con las tolerancias de una nivelación.
4. Corregir las cotas tomadas para obtener las cotas reales.

2.1.6.4.3 Alcance.

Este método de nivelación de una línea se efectúa visuales hacia delante de todos los puntos materializados de la línea base, utilizando un punto fijo o BM de referencia.

2.1.6.4.4 Fundamento teórico.

La nivelación es una operación fundamental para el ingeniero, tanto para poder confeccionar un proyecto, como para lograr replantear el mismo. En términos genéricos nivelación se aplica en

cualquiera de los diversos procedimientos a través de los cuales se determinan elevaciones o diferencias entre las mismas. Este tipo de nivelación se utilizan en un proyecto de carreteras, vías férreas, canales, obras de drenaje y sistemas de suministros de agua cuyas pendientes se adaptan en forma óptima a la topografía existente.

Los instrumentos básicos utilizados para lograr estos fines son el nivel y la estadía, los niveles son de fácil manejo y operación rápida y precisa.

Planimetría: consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la cadena o poligonal sin considerar su diferencia de elevación.

Altimetría: estudia las diferencias de elevación de los puntos sobre la superficie terrestre, dando su posición relativa o absoluta, proyectado sobre un plano vertical y referida a un plano de comparación cualquiera o a una superficie de comparación como el nivel medio del mar.

Nivelación de una línea.

Es un método que está conformado por nivelaciones simples o compuestas, para nivelar una línea se toma lecturas sobre la mira colocada en la línea cada 5, 10, 15 o 20 m, a partir de un BM o donde se encuentre colocada la estaca con cota conocida, para obtener las lecturas de los puntos que formen la línea. Del cual constará de lecturas de ida y vuelta, partiendo del BM que será la primera y última lectura, se verifica el error de la nivelación y se calcula la tolerancia, en el que la tolerancia debe ser mayor igual que el error de nivelación para que se encuentre correctamente realizada la nivelación.

Tolerancia de nivelación.

Tabla 42

Tolerancia de nivelación.

Nivelaciones	Tolerancia (mm)
Ida y regreso	$T = 10\sqrt{K}$

Doble punto de liga	$T = 15\sqrt{K}$
---------------------	------------------

Doble altura de aparato	$T = 20\sqrt{K}$
-------------------------	------------------

Fuente: Topografía, 2000.

K: es la suma de la distancia recorrida en Km.

Correcciones de cotas.

Este método consiste en compensar cada punto en donde se encuentre ubicado el punto materializado, tanto en ida y vuelta de la toma de lecturas de los puntos.

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error(mm)$$

Además, existe el método de compensación de estacionamiento, es el cual se realiza la compensación únicamente en el punto donde se cambió de estacionamiento el equipo, donde se toma dos lecturas por el cambio de posición.

$$Compensación = \frac{Error (mm)}{\#cambios de estación}$$

2.1.6.4.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

Figura 244

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.6.4.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno un BM, del cual se plantará la estación total.

Figura 245

Punto de control.



Elaborada por: La autora.

2. Se coloca el trípode en el BM, se afloja las abrazaderas y se coloca a la altura del mentón, se procede abrir las patas metálicas hasta que el trípode se mantenga estable. Se saca el equipo del estuche y se coloca en la base del trípode ajustando el tornillo de montaje, siguiendo a nivelar y centrar el equipo en el punto donde se encuentra la estaca o el BM visualizando mediante la plomada óptica, la estación total se encuentra lista para su uso cumpliendo con lo mencionado.
3. Se enciende el equipo y se formatea para que no exista ninguna confusión de datos.
4. Se presiona ESC mostrando la pestaña de configuración, seleccionando la opción 1 (Conocido), se presiona enter en cualquiera de las dos opciones ya que solo ocuparemos la estación total para medir las distancias cada 20 m en el terreno y ubicar las estacas, se vuelve a presionar enter hasta que aparezca la opción de los datos en donde se encuentra la estación total, se procede a medir la altura instrumental y se ingresa a la estación en conjunto con la cota (Z) que es lo único que necesitaremos para medir distancia con la estación total.

5. Se procede a ubicar estacadas en las abscisas 0+020, se mencionando al cadenero que se ubique en un punto aproximado de 20 pasos y se coloca el prisma, se dispara y debe dar como resultado 20 m caso contrario se comunica que se coloque más adelante o más atrás hasta que se cómo resultado los 20 m y se coloca la estaca en dicho punto; se realiza el mismo procedimiento para la abscisa 0+040 pero ahora siguiente el eje de referencia de la estación total del cual se mencionara si se coloca a la derecha, izquierda, adelante o atrás hasta que se encuentre los 40 m y se coloca la estaca, se realiza lo mismo para las abscisas 0+060, 0+080 y 0+100 m.
6. Ubicadas las estacas cada 20m, se procede a ubicar y plantar el nivel, teniendo en cuenta que visualice varias lecturas de los puntos.
7. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de varios puntos, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 246

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

8. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.

9. Se proviene a sacar el nivel de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 247

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja, si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.
11. Se le comunica al cadenero que se coloque el punto geodésico conocido con la mira para realizar la primera lectura atrás, en el que ese punto constara de una cota o elevación de inicio.

Figura 248

Punto de control o BM.



Elaborada por: La autora.

12. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos que sean posibles visualizar.
13. Por último, se toma la lectura ubicada en el punto geodésico conocido como cota de cierre, para verificar la nivelación realizada.

2.1.6.4.7 Cálculos.

Cálculo de cotas:

Abscisa 0+000

$$Cota\ inicial = 2942.587\ msnm$$

Primer estacionamiento

$$H + I = cota\ inicial + vista\ atras$$

$$H + I = 2942.587 + 4.291$$

$$H + I = 2946.878\ msnm$$

Abscisa 0+020

$$Cota\ 1 = (H + I) - vista\ intermedia$$

$$Cota\ 1 = 2946.878 - 3.097$$

$$Cota\ 1 = 2943.781\ msnm$$

Abscisa 0+040

$$Cota\ 2 = 2946.878 - 1.883$$

$$Cota\ 2 = 2944.995\ msnm$$

Abscisa 0+060

$$Cota\ 3 = 2946.878 - 0.489$$

$$Cota\ 3 = 2946.389\ msnm$$

Segundo estacionamiento

$$H + I = 2946.389 + 1.688$$

$$H + I = 2948.077\ msnm$$

Abscisa 0+080

$$Cota\ 4 = 2948.077 - 0.502$$

$$Cota\ 4 = 2947.575\ msnm$$

Tercer estacionamiento

$$H + I = 2947.575 + 2.024$$

$$H + I = 2949.599\ msnm$$

Abscisa 0+100

$$Cota\ 5 = 2949.599 - 0.579$$

$$Cota\ 5 = 2949.020\ msnm$$

Se realiza este mismo procedimiento para el cálculo de las cotas de regreso de toma de lecturas de la línea, pero ahora con cota conocida 2949.020 msnm (cota 5).

Cálculo del error de nivelación.

$$Error = cota\ de\ inicio - cota\ final$$

$$Error = 2942.587 - 2942.584$$

$$Error = 0.003\ m$$

$$Error = 3\ mm$$

Cálculo de tolerancia

$$T = 15\sqrt{K}$$

$$T = 15\sqrt{200/1000}$$

$$T = 6.708\ mm$$

Se procede a realizar la compensación en cada punto, verificando que la tolerancia sea mayor que el error de cierre de la nivelación.

$$6.708\ mm > 3\ mm$$

Se realiza los cálculos por el método de compensación en cada punto en ida y vuelta de la línea, mediante la siguiente formula:

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error$$

Abscisa: 0 + 020 m

$$Comp1 = \frac{20}{200} * 0.003$$

$$Comp1 = 0.000300 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 040 m

$$Comp2 = \frac{40}{200} * 0.003$$

$$Comp2 = 0.000600 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 060 m

$$Comp3 = \frac{60}{200} * 0.003$$

$$Comp3 = 0.000900 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 080 m

$$Comp4 = \frac{80}{200} * 0.003$$

$$Comp4 = 0.00120 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 100 m

$$Comp5 = \frac{100}{200} * 0.003$$

$$Comp5 = 0.00150 \text{ m}$$

Tabla 43*Compensación acumulada.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida
E1	0+00	2942.587	4291			4.291				2942.587
	0+20	2943.781	3097	20			3.097	20	0.0003	2943.781
	0+40	2944.995	1883	20			1.883	40	0.0006	2944.996
	0+60	2946.389	489	20			0.489	60	0.0009	2946.389
E2	0+60	2946.389	1688	0	1	1.688		60		
	0+80	2947.575	502	20			0.502	80	0.0012	2947.576
E3	0+80	2947.575	2024		2	2.024		80		
	0+100	2949.020	579	20			0.579	100	0.0015	2949.022
E4	0+100	2949.020	579		3	0.579		100		
	0+80	2947.575	2024	20			2.024	120	0.0018	2947.577
	0+60	2946.388	3211	20			3.211	140	0.0021	2946.390
	0+40	2944.989	4610	20			4.610	160	0.0024	2944.991
	0+20	2943.778	5821	20			5.821	180	0.0027	2943.781
E5	0+20	2943.778	805		4	0.805		180		
	0+00	2942.584	1999	20			1.999	200	0.0030	2942.587

Elaborada por: La autora.

Tabla 44*Compensación mediante el error método 2.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás	Vista adelante	Distancia acumulada (m)	Compensación	Cota corregida (m)
E1	0+00	2942.587	4291			4.291				2942.587
	0+20	2943.781	3097	20			3.097	20		2943.781
	0+40	2944.995	1883	20			1.883	40		2944.995
	0+60	2946.389	489	20			0.489	60	0.0007	2946.389
E2	0+60	2946.389	1688	0	1	1.688		60		
	0+80	2947.575	502	20			0.502	80	0.0007	2947.576
E3	0+80	2947.575	2024		2	2.024		80		
	0+100	2949.02	579	20			0.579	100	0.0007	2949.022
E4	0+100	2949.02	579		3	0.579		100		
	0+80	2947.575	2024	20			2.024	120		2947.577
	0+60	2946.388	3211	20			3.211	140		2946.39
	0+40	2944.989	4610	20			4.610	160		2944.991
	0+20	2943.778	5821	20			5.821	180	0.0007	2943.78
E5	0+20	2943.778	805		4	0.805		180		
	0+00	2942.584	1999	20			1.999	200	0.0007	2942.587

Elaborada por: La autora.

Método 2.

Se realiza también el método de compensación por estacionamientos, mediante la siguiente formula:

$$\text{Compensaciòn} = \frac{\text{Error (m)}}{\# \text{cambios de estaciòn}}$$

$$\text{Compensaciòn} = \frac{0.003}{4}$$

$$\text{Compensaciòn} = 0.00075 \text{ m}$$

Para la obtención de la cota corregida se multiplica la compensación por el número de veces de los cambios, por ejemplo:

$$\text{Cota corregida 1} = 2947.575 + 0.007 * 1$$

$$\text{Cota corregida 1} = 2947.576 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota corregida 2} = 2949.020 + 0.007 * 2$$

$$\text{Cota corregida 2} = 2949.022 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota corregida 3} = 2947.575 + 0.007 * 3$$

$$\text{Cota corregida 3} = 2947.577 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota corregida 3} = 2946.388 + 0.007 * 3$$

$$\text{Cota corregida 3} = 2946.390 \text{ msnm}$$

2.1.6.4.8 Conclusiones.

- Se concluye que mediante la nivelación del terreno nos dio un error de 3 mm entre las cotas de ida y vuelta de la línea, por lo tanto, se realizó las correcciones de cotas mediante los métodos 1 y 2 dando como resultados las cotas finales.
- La tolerancia topografía nos dio de 6.708 mm y el error de cierre de 3 mm, se concluye que la nivelación se encuentra cumpliendo la condición de que la tolerancia topografía es mayor que el error de cierre, indicando que los datos obtenidos se encuentran dentro del límite.

2.1.6.4.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que si el error sobre pasa a la tolerancia topográfica se vaya a campo y se realice de nuevo la nivelación.
- Se sugiere que se anote claramente las lecturas y se verifique en campo cada anotación, debido que puede existir equivocaciones al momento de dictar o escribir dicha lectura.
- Centrar correctamente la mira al instante de tomar lecturas y verificar siempre que se toma una lectura que el equipo se encuentre correctamente nivelado y centrado.

2.1.6.4.10 Croquis.

Figura 249

Ubicación del BM.



Fuente: Google Earth Pro, Quito

2.1.6.5 Nivelación de un terreno.

2.1.6.5.1 Introducción.

La práctica consiste en realizar la nivelación de un terreno efectuando conocer la diferencia de alturas de uno o varios puntos con respecto al BM o punto conocido, con puntos materializados formando una poligonal. Es un método de nivelación simple y compuesta, depende de la topografía del terreno sea montañoso o llano por lo que trabaja en conjunto la altimetría y la planimetría, en el que consta de un BM o una estaca con cota conocida del punto fijo, se tomaran lecturas de vista adelante, intermedia y atrás de los puntos colocados en el terreno, teniendo como referencia un BM, en el que será necesario de varias estaciones del equipo en campo, verificar el error de cierre de la nivelación con el objetivo de convertir la superficie de un terreno natural en un plano horizontal o inclinado.

2.1.6.5.2 Objetivos

1. Colocar en el terreno puntos materializados formando una poligonal.
2. Centrar correctamente el nivel topográfico y la mira al momento de tomar lecturas, anotar correctamente.
3. Verificar el error de cierre.
4. Calcular la tolerancia topográfica.
5. Corregir las cotas tomadas para obtener las cotas reales.

2.1.6.5.3 Alcance.

Consiste en convertir la superficie de un terreno natural en un plano horizontal, aplicando los métodos de nivelación compuesta ya que depende de la topografía de terreno.

2.1.6.5.4 Fundamento teórico.

Nivelación de un terreno.

Consiste en una nivelación geométrica, es un procedimiento topográfico que nos permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante el uso del nivel y la mira vertical. Mide la diferencia de nivel entre dos puntos a partir una visual horizontal desde el nivel hacia las miras colocadas en dichos puntos.

Cuando los puntos a nivelar están dentro de los límites del campo topográfico altimétrico y el desnivel entre dichos puntos se puede estimar con una sola estación, la nivelación recibe el nombre de nivelación geométrica simple. Cuando los puntos están separados a una distancia mayor que el límite del campo topográfico, o que el alcance de la visual, es necesario la colocación de estaciones intermedias y se dice que es una nivelación compuesta.

Control de Nivelaciones.

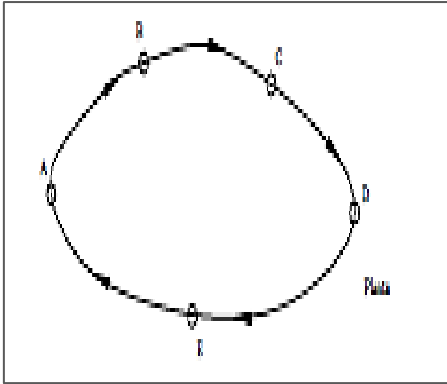
En los ejemplos resueltos hasta el momento, solamente hemos podido comprobar las operaciones aritméticas y no la magnitud de los errores sistemáticos y accidentales, inevitables en todo proceso topográfico.

Para poder determinar el error de cierre de una nivelación, es necesario realizar una nivelación cerrada (de ida y vuelta) o una nivelación de enlace con puntos de control (BM) al inicio y al final de la nivelación.

En una nivelación cerrada, en donde el punto de llegada es el mismo punto de partida, la cota del punto inicial debe ser igual a la cota del punto final, es decir: la suma de los desniveles debe ser igual a cero,

Figura 250

Representación de la nivelación del terreno.



Elaborada por: La autora.

Tolerancia de nivelación.

Tabla 45

Tolerancia de nivelación.

NIVELACIONES	TOLERANCIAS (mm)
Ida y regreso	$T = 10\sqrt{K}$
Doble punto de liga	$T = 15\sqrt{K}$
Doble altura de aparato	$T = 20\sqrt{K}$

Fuente: Topografía, 2000.

K: es la suma de la distancia recorrida en Km.

Correcciones de cotas.

Este método consiste en compensar cada punto en donde se encuentre ubicado el punto materializado, tanto en ida y vuelta de la toma de lecturas de los puntos.

$$\text{Compensación} = \frac{D_{\text{parcial}}}{D_{\text{total}}} * \text{error}(\text{mm})$$

Además, existe el método de compensación de estacionamiento, es el cual se realiza la compensación únicamente en el punto donde se cambió de estacionamiento el equipo, donde se toma dos lecturas por el cambio de posición.

$$\textit{Compensaci3n} = \frac{\textit{Error (mm)}}{\# \textit{cambios de estaci3n}}$$

2.1.6.5.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

Figura 251

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.6.5.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno un BM, del cual se plantará la estación total.

Figura 252

Punto geodésico o BM.



Elaborado por: La autora.

2. Se coloca el trípode en el BM, se afloja las abrazaderas y se coloca a la altura del mentón, se procede abrir las patas metálicas hasta que el trípode se mantenga estable. Se saca el equipo del estuche y se coloca en la base del trípode ajustando el tornillo de montaje, siguiendo a nivelar y centrar el equipo en el punto donde se encuentra la estaca o el BM visualizando mediante la plomada óptica, la estación total se encuentra lista para su uso cumpliendo con lo mencionado.
3. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de varios puntos, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 253

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.
5. Se proviene a sacar el nivel de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 254

Montaje del nivel topográfico.



Elaborado por: La autora.

6. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja,

si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.

Figura 255

Plantada del equipo.



Elaborado por: La autora.

7. Se le comunica al cadenero que se coloque el punto geodésico conocido con la mira para realizar la primera lectura atrás, en el que ese punto constara de una cota o elevación de inicio.

Figura 256

Punto geodésico o BM.



Fuente: Propia.

8. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos que sean posibles visualizar.

9. Por último, se toma la lectura ubicada en el punto geodésico conocido como cota de cierre, para verificar la nivelación realizada; finalmente con los puntos representados se miden las distancias horizontales de las alineaciones formadas.

2.1.6.5.7 Cálculos.

Cálculo de cotas:

$$Cota\ inicial = 2884.143\ msnm$$

Primer estacionamiento

$$H + I = cota\ inicial + vista\ atras$$

$$H + I = 2884.143 + 3.140$$

$$H + I = 2887.283\ msnm$$

$$Cota\ 1 = (H + I) - vista\ intermedia$$

$$Cota\ 1 = 2887.283 - 3.177$$

$$Cota\ 1 = 2884.106\ msnm$$

$$Cota\ 2 = 2887.283 - 2.985$$

$$Cota\ 2 = 2884.298\ msnm$$

Segundo estacionamiento

$$H + I = 2884.298 + 1.849$$

$$H + I = 2886.147\ msnm$$

$$Cota\ 3 = 2886.147 - 0.540$$

$$Cota\ 3 = 2885.607\ msnm$$

$$Cota\ 4 = 2886.147 - 0.850$$

$$Cota\ 4 = 2885.297\ msnm$$

Tercer estacionamiento

$$H + I = 2885.297 + 1.780$$

$$H + I = 2887.077\ msnm$$

$$Cota\ 5 = 2887.077 - 1.746$$

$$Cota\ 5 = 2885.331\ msnm$$

$$Cota\ 6 = 2887.077 - 2.214$$

$$Cota\ 6 = 2884.863\ msnm$$

$$Cota\ 7 = 2887.077 - 2.939$$

$$Cota\ 7 = 2884.138\ msnm$$

Se realiza este mismo procedimiento para el cálculo de las cotas de regreso de toma de lecturas de la línea, pero ahora con cota conocida 2949.020 msnm (cota 5).

Cálculo del error de nivelación.

$$Error = cota\ de\ inicio - cota\ final$$

$$Error = 2884.143 - 2884.138$$

$$Error = 0.005m$$

$$Error = 5\ mm$$

Cálculo de tolerancia

$$K = 13.500 + 18.104 + 21.402 + 27.005 + 17.630 + 25.432 + 29.278$$

$$K = 152.351\ m$$

$$T = 15\sqrt{K}$$

$$T = 15\sqrt{152.351/1000}$$

$$T = 5.855\ mm$$

Se procede a realizar la compensación en cada punto, verificando que la tolerancia sea mayor que el error de cierre de la nivelación.

$$5.855\ mm > 5\ mm$$

Se realiza los cálculos por el método de compensación en cada punto en ida y vuelta de la línea, mediante la siguiente formula:

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error$$

$$Comp1 = \frac{13.500}{152.351} * 0.005$$

$$Comp1 = 0.0004431 \text{ m}$$

$$Comp2 = \frac{31.604}{152.351} * 0.005$$

$$Comp2 = 0.001037 \text{ m}$$

$$Comp3 = \frac{53.006}{152.351} * 0.005$$

$$Comp3 = 0.0017396 \text{ m}$$

$$Comp4 = \frac{80.011}{152.351} * 0.005$$

$$Comp4 = 0.0026259 \text{ m}$$

$$Comp5 = \frac{97.641}{152.351} * 0.005$$

$$Comp5 = 0.0032045 \text{ m}$$

$$Comp6 = \frac{123.073}{152.351} * 0.005$$

$$Comp6 = 0.0040391 \text{ m}$$

$$Comp7 = \frac{152.351}{152.351} * 0.005$$

$$Comp7 = 0.005000 \text{ m}$$

Compensación por estacionamiento

$$Comp = \frac{0.005}{2} = 0.0025 \text{ m}$$

Tabla 46*Resultados de las cotas de nivelación del terreno.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)
E1	BM	2884.143	3140			3.140				2884.143		2884.143
	A1	2884.106	3177	13.500			3.177	13.500	0.0004431	2884.106		2884.106
	A2	2884.298	2985	18.104			2.985	31.604	0.0010372	2884.299	0.0025	2884.298
E2	A2	2884.298	1849	0	1	1.849		31.604				
	A3	2885.607	540	21.402			0.540	53.006	0.0017396	2885.609	0.0025	2885.610
	A4	2885.297	850	27.005			0.850	80.011	0.0026259	2885.3	0.0025	2885.300
E3	A4	2885.297	1780	0	2	1.780		80.011				
	A5	2885.331	1746	17.630			1.746	97.641	0.0032045	2885.334	0.0025	2885.336
	A6	2884.863	2214	25.432			2.214	123.073	0.0040391	2884.867	0.0025	2884.868
	A7	2884.138	2939	29.278			2.939	152.351	0.0050000	2884.143	0.0025	2884.143

Elaborado por: La autora.

2.1.6.5.8 Conclusiones.

- Mediante la nivelación del terreno se concluyó que la nivelación se encuentra correctamente ya que cumple con la condición de tolerancia, donde el error de 5 mm es menor que la tolerancia calculada 5.855 mm.
- Con los cálculos realizados se obtuvo las cotas corregidas mediante los métodos de compensación del error, dando como resultados las cotas finales de la nivelación del terreno.

2.1.6.5.9 Recomendaciones.

- Se sugiere mantener centrado correctamente la mira.
- Cuando se visualice las lecturas siempre ver que el equipo se mantenga centrado con el fin de tener lecturas con mayor precisión.
- Se recomienda estirar correctamente la cinta para la toma de distancias horizontales de las alineaciones formadas.

2.1.6.5.10 Croquis.

Figura 257

Ubicación del BM.



Fuente: Propia. Fuente: Google Earth Pro, Quito.

2.1.7 Perfiles longitudinales y transversales

2.1.7.1 Introducción.

El perfil longitudinal es una sección vertical que estará compuesto por abscisas y cotas de una alineación de 100 m, para tener en cuenta las especificaciones respecto a la pendiente, cortes y rellenos; realizando secciones transversales cada 20 m que dependerá del tramo abscisado realizado en campo, a partir de una cota conocida, con el objetivo de mostrar las secciones verticales producidas por planos perpendiculares al eje longitudinal que estará constituido de cotas cero.

2.1.7.2 Objetivos.

1. Interpretación del perfil longitudinal en campo.
2. Dibujar el perfil longitudinal y las secciones transversales de cada tramo abscisado.

2.1.7.3 Alcance.

Constará en representar el perfil transversal de una alineación mediante las cotas corregidas y dibujar las secciones transversales de los tramos cada 20 m, con la finalidad de mostrar el comportamiento del terreno.

2.1.7.4 Fundamento teórico.

Perfil longitudinal.

El perfil constará de una alineación formada entre varios puntos, se colocarán estacas cada 20m y se realizan lecturas sobre la mira colocadas en todas las estacas de los tramos que se formen sucesivamente, no se conoce la cota de estos puntos y se realizan lecturas que realmente son niveladas de frente, sin tener en cuenta si las lecturas son lectura hacia delante o lectura hacia atrás. Las lecturas serán lecturas intermedias para diferenciarlas de las tomadas en los puntos permanentes o de cambio que se realizara una nivelación compuesta por el cambio de estación.

Debe cumplir con la verificación del error de la nivelación y se calcula la tolerancia, en el que la tolerancia debe ser mayor igual que el error de nivelación para que se encuentre correctamente realizada la nivelación.

Tolerancia de nivelación.

Tabla 47

Tolerancia de nivelación.

Nivelaciones	Tolerancias (mm)
Ida y regreso	$T = 10\sqrt{K}$
Doble punto de liga	$T = 15\sqrt{K}$
Doble altura de aparato	$T = 20\sqrt{K}$

Fuente: Topografía, 2000.

K: es la suma de la distancia recorrida en Km.

Correcciones de cotas.

Este método consiste en compensar cada punto en donde se encuentre ubicado el punto materializado, tanto en ida y vuelta de la toma de lecturas de los puntos.

$$Compensación = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error(mm)$$

Además, existe el método de compensación de estacionamiento, es el cual se realiza la compensación únicamente en el punto donde se cambió de estacionamiento el equipo, donde se toma dos lecturas por el cambio de posición.

$$Compensación = \frac{Error (mm)}{\#cambios de estación}$$

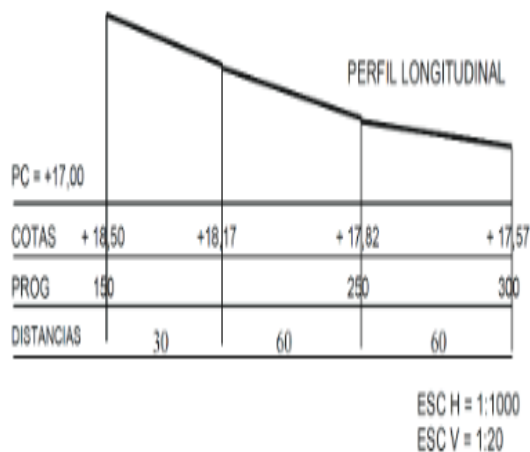
Es una línea formada en un plano vertical con la superficie del terreno, que estará conformado de distancias y cotas corregidas de los puntos que constituyen la alineación con tramos de 20m. El perfil se dibujará de la siguiente manera:

Constará de dos ejes, el plano vertical con las cotas y el plano horizontal con las distancias.

Dibujar a una escala significativa que se represente la topografía.

Figura 258

Representación del perfil longitudinal.



Fuente: Topografía, 2000.

Secciones transversales.

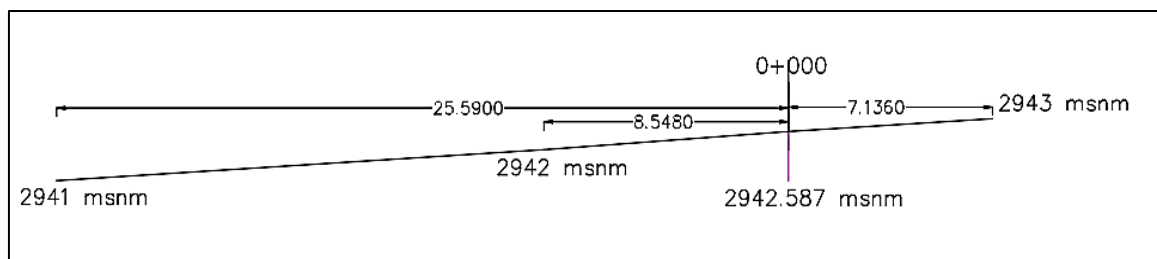
Las secciones transversales son perfiles perpendiculares al eje de referencia del proyecto, son utilizadas para cálculos de volúmenes del movimiento de tierra necesarios en la construcción de un proyecto.

Se realiza de igual manera que los perfiles longitudinales, anotando la altura del instrumento para obtener la cota real, del cual se debe obtener cotas cero para ir dibujando las secciones transversales de modo que la izquierda y la derecha sea las del perfil longitudinal, teniendo en cuenta que es necesario realizar el croquis del terreno donde se está realizando el trabajo, el nivel

se coloca en los puntos materializados teniendo en cuenta la altura instrumental y se procede a tomar lecturas de las cotas cero del terreno, anotando las cotas con las respectivas distancia tomadas desde la cota principal con la ayuda de una cinta métrica y se va acumulando las distancias dependiendo del número de veces de las cotas requeridas en el trabajo tanto sea al lado izquierdo o derecho de la sección.

Figura 259

Representación de la sección transversal.



Elaborada por: La autora.

2.1.7.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Nivel topográfico.

Descripción: El nivel GeoMax es un nivel automático para la industria de la construcción, diseñados para trabajos diarios de nivelación. Cumple con las especificaciones IP54, con una precisión $< 0.5''$ y con un peso de 1.5 kg.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Mira.

Descripción: La mira o una estadía es de un material de aluminio, es una regleta que mide hasta 5 m, permite medir desniveles y diferencias de alturas.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4X24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

Figura 260

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

2.1.7.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno un BM o una cota conocida.

Figura 261

Punto geodésico o BM.



Elaborada por: La autora.

2. Se coloca el trípode en el BM, se afloja las abrazaderas y se coloca a la altura del mentón, se procede abrir las patas metálicas hasta que el trípode se mantenga estable. Se saca el equipo del estuche y se coloca en la base del trípode ajustando el tornillo de montaje, siguiendo a nivelar y centrar el equipo en el punto j de las dos opciones ya que solo ocuparemos la estación total para medir las distancias cada 20 m en el terreno y ubicar las estacas, se vuelve a presionar enter hasta que aparezca la opción de los datos en donde se encuentra la estación total, se procede a medir la altura instrumental y se ingresa a la estación en conjunto con la cota (Z) que es lo único que necesitaremos para medir distancia con la estación total.
3. Se procede a ubicar estacadas en las abscisas 0+020, se mencionando al cadenero que se ubique en un punto aproximado de 20 pasos y se coloca el prisma, se dispara y debe dar como resultado 20 m caso contrario se comunica que se coloque más adelante o más atrás hasta que se cómo resultado los 20 m y se coloca la estaca en dicho punto; se realiza el mismo procedimiento para la abscisa 0+040 pero ahora siguiente el eje de referencia de la estación

total del cual se mencionara si se coloca a la derecha, izquierda, adelante o atrás hasta que se encuentre los 40 m y se coloca la estaca, se realiza lo mismo para las abscisas 0+060, 0+080 y 0+100 m.

4. Ubicadas las estacas cada 20m, se procede a ubicar y plantar el nivel, teniendo en cuenta que visualice varias lecturas de los puntos.
5. Se procede a armar el trípode en un punto que tenga una buena visualización para la toma de varios puntos, en el cual se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo, se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente para que el instrumento se encuentre estable.

Figura 262

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

6. Se presiona las 3 puntas metálicas sobre la superficie del terreno.
7. Se proviene a sacar el nivel de su protector y se coloca en la cabeza del trípode ajustando con el tornillo de montaje del trípode.

Figura 263

Puesta del nivel topográfico.



Elaborada por: La autora.

8. Consecuentemente se realiza la nivelación del equipo, mediante el espejo de la burbuja se visualiza que la burbuja se encuentre en el centro, se procede a manipular las abrazaderas de las patas hasta que se nivele el equipo siempre visualizando mediante el espejo de la burbuja, si la burbuja se encuentra correctamente nivelado el equipo está listo para realizar la toma de lecturas de los puntos.
9. Se le comunica al cadenero que se coloque el punto geodésico conocido con la mira para realizar la primera lectura atrás, en el que ese punto constara de una cota o elevación de inicio.
10. Se realiza la toma de lecturas intermedias de los puntos que sean posibles visualizar.

Figura 264

Plantada del equipo.



Elaborada por: La autora.

11. Por último, se toma la lectura ubicada en el punto conocido como cota de cierre, para verificar la nivelación realizada.
12. Se realizan los cálculos de cotas, mediante los diferentes métodos de cálculo de obtiene las cotas corregidas de la alineación, tomando las cotas corregidas como principal referencia para el dibujo de las secciones transversales.
13. Con los puntos materializados y conociendo sus cotas se comienza a la toma de cotas cero para las secciones transversales de cada tramo, comenzando en el abcisado 0+000 con una cota conocida de 2942.587 msnm.
14. Ubicado el punto de partida se implanta el equipo, se afloja las abrazaderas hasta colocar las patas metálicas hasta la altura del mentón y se abre las tres patas metálicas hasta que el trípode se encuentre estable. Se saca el nivel del su protector y se lo coloca en la cabeza del trípode y se ajusta con el tornillo de montaje. Se coloca la plomada en el gancho del tornillo de montaje.
15. Se comienza a centrar el equipo aflojando las abrazaderas hasta que la burbuja se encuentre en el centro, además se centra la plomada moviendo el equipo hasta que se encuentre

aproximadamente en el centro de la estaca y se comienza a centrar el equipo de nuevo hasta que la burbuja y la plomada se encuentre en el centro.

Figura 265

Visualización del equipo con la plomada.



Elaborada por: La autora.

Figura 266

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

16. Con el equipo listo se procede a orientar el nivel con la alineación, se le comunica al cadenero que se ubique en el tramo 0+020 m y coloque la mira en el centro de la estaca, se visualiza con el nivel a la orientación de la alineación formada del tramo 0+020 y se coloca un ángulo

igual a 0° con el círculo graduado del nivel. Se mide la altura instrumental del equipo desde la superficie de la tierra hasta el eje de referencia del equipo (1.601 m).

Figura 267

Medición de la altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

17. El nivel se lo coloca a un ángulo de 90° girando en sentido horario para el cálculo de cotas cero de manera ascendente, con la cota conocida (2942.587 msnm) y la altura instrumental (1.601 m) se suma ambas cantidades dando como resultado la cota de referencia de 2944.188 msnm, se comienza por encontrar la cota 2943 msnm, mediante la resta de la cota de referencia (2944.188 msnm) que da como resultado una lectura de 1.188 m, se le menciona al cadenero que se ubique a una distancia aproximadamente para encontrar la cota cero (2943 msnm) a través del nivel y la mira hasta encontrar la lectura de 1.188 m y se coloca una estaca en ese punto, se gira el nivel en sentido horario para el cálculo de las cotas cero de manera descendentes a un ángulo de 270° , de igual manera se realiza el cálculo de la cota cero 2942 msnm, se resta la cota de referencia (2944.188 msnm) dando como resultado una lectura de 2.188 m, se le comunica al cadenero que se ubique al lado izquierdo hasta encontrar la lectura y colocar una estaca.

Altura instrumental: 1.601 m

Cota conocida: 2942.587 msnm

Tramo 0+000 m

Tabla 48

Lecturas de las cotas cero.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2943	1.188
2942	2.188
2941	3.188

Elaborada por: La autora.

Figura 268

Medición del ángulo horizontal.



Elaborada por: La autora.

18. Se realiza el mismo procedimiento ya mencionado en el numeral 16 hasta el 19 para el tramo 0+020 m, 0+040 m, 0+060 m, 0+080 m y 0+100 m.

2.1.7.7 Cálculos.

Cálculo de cotas:

Abscisa 0+000

$$Cota\ inicial = 2942.587\ msnm$$

Primer estacionamiento

$$H + I = cota\ inicial + vista\ atras$$

$$H + I = 2942.587 + 4.291$$

$$H + I = 2946.878\ msnm$$

Abscisa 0+020

$$Cota\ 1 = (H + I) - vista\ intermedia$$

$$Cota\ 1 = 2946.878 - 3.097$$

$$Cota\ 1 = 2943.781\ msnm$$

Abscisa 0+040

$$Cota\ 2 = 2946.878 - 1.883$$

$$Cota\ 2 = 2944.995\ msnm$$

Abscisa 0+060

$$Cota\ 3 = 2946.878 - 0.489$$

$$Cota\ 3 = 2946.389\ msnm$$

Segundo estacionamiento

$$H + I = 2946.389 + 1.688$$

$$H + I = 2948.077\ msnm$$

Abscisa 0+080

$$Cota\ 4 = 2948.077 - 0.502$$

$$Cota\ 4 = 2947.575\ msnm$$

Tercer estacionamiento

$$H + I = 2947.575 + 2.024$$

$$H + I = 2949.599\ msnm$$

Abscisa 0+100

$$Cota\ 5 = 2949.599 - 0.579$$

$$Cota\ 5 = 2949.020\ msnm$$

Se realiza este mismo procedimiento para el cálculo de las cotas de regreso de toma de lecturas de la línea, pero ahora con cota conocida 2949.020 msnm (cota 5).

Cálculo del error de nivelación.

$$Error = cota\ de\ inicio - cota\ final$$

$$Error = 2942.587 - 2942.584$$

$$Error = 0.003\ m$$

Cálculo de la tolerancia mediante la fórmula representada en la tabla.

$$T = 15\sqrt{K}$$

$$T = 15\sqrt{200/1000}$$

$$T = 6.708\ mm$$

Se procede a realizar la compensación en cada punto, verificando que la tolerancia sea mayor que el error de cierre de la nivelación.

$$6.708\ mm > 3\ mm$$

Se realiza los cálculos por el método de compensación en cada punto en ida y vuelta de la línea, mediante la siguiente formula:

$$Compensaci\grave{o}n = \frac{D_{parcial}}{D_{total}} * error$$

Abscisa: 0 + 020 m

$$Comp1 = \frac{20}{200} * 0.003$$

$$Comp1 = 0.000300 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 040 m

$$Comp2 = \frac{40}{200} * 0.003$$

$$Comp2 = 0.000600 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 060 m

$$Comp3 = \frac{60}{200} * 0.003$$

$$Comp3 = 0.000900 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 080 m

$$Comp4 = \frac{80}{200} * 0.003$$

$$Comp4 = 0.00120 \text{ m}$$

Abscisa: 0 + 100 m

$$Comp5 = \frac{100}{200} * 0.003$$

$$Comp5 = 0.00150 \text{ m}$$

Tabla 49*Resultados de las cotas corregidas.*

Est.	Punto visado	Cota (msnm)	H medida (mm)	Distancia (m)	#cambios	Vista atrás (m)	Vista adelante (m)	Distancia acumulada (m)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)	Compensación (m)	Cota corregida (msnm)
E1	0+00	2942.587	4291			4.291				2942.587		2942.587
	0+20	2943.781	3097	20			3.097	20	0.0003	2943.781		2943.781
	0+40	2944.995	1883	20			1.883	40	0.0006	2944.996		2944.995
	0+60	2946.389	489	20			0.489	60	0.0009	2946.39	0.0007	2946.389
E2	0+60	2946.389	1688	0	1	1.688		60				
	0+80	2947.575	502	20			0.502	80	0.0012	2947.576	0.0007	2947.576
E3	0+80	2947.575	2024		2	2.024		80				
	0+100	2949.02	579	20			0.579	100	0.0015	2949.022	0.0007	2949.022
E4	0+100	2949.02	579		3	0.579		100				
	0+80	2947.575	2024	20			2.024	120	0.0018	2947.577		2947.577
	0+60	2946.388	3211	20			3.211	140	0.0021	2946.39		2946.39
	0+40	2944.989	4610	20			4.610	160	0.0024	2944.991		2944.991
	0+20	2943.778	5821	20			5.821	180	0.0027	2943.781	0.0007	2943.78
E5	0+20	2943.778	805		4	0.805		180				
	0+00	2942.584	1999	20			1.999	200	0.003	2942.587	0.0007	2942.587

Elaborado por: La autora.

Perfil longitudinal.

Tabla 50

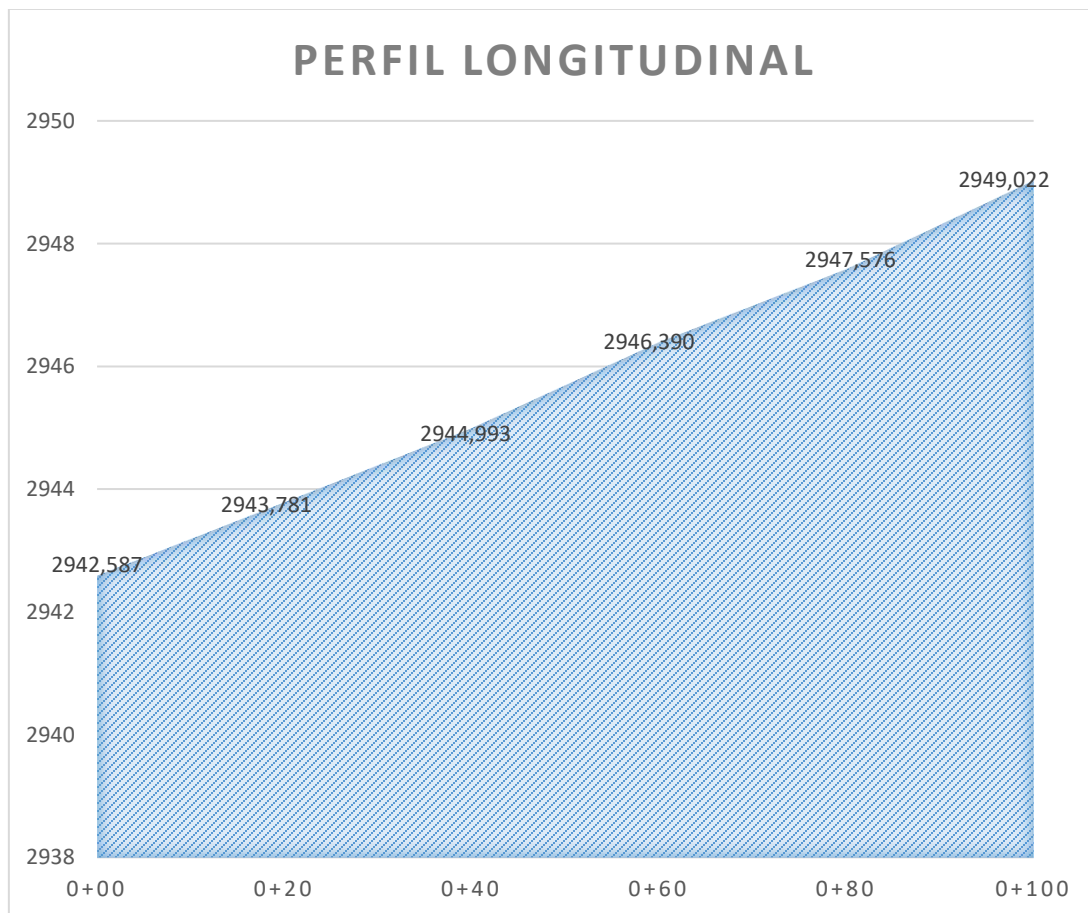
Cotas de referencia.

Abscisas	Cota corregida (msnm)
0+00	2942.587
0+20	2943.781
0+40	2944.993
0+60	2946.390
0+80	2947.576
0+100	2949.022

Elaborada por: La autora.

Figura 269

Representación del perfil longitudinal mediante las cotas de referencia.



Elaborado por: La autora.

Secciones transversales.

ABCISA 0+000

Cota conocida: 2942.587 msnm

Altura instrumental: 1.601 m

Tabla 51

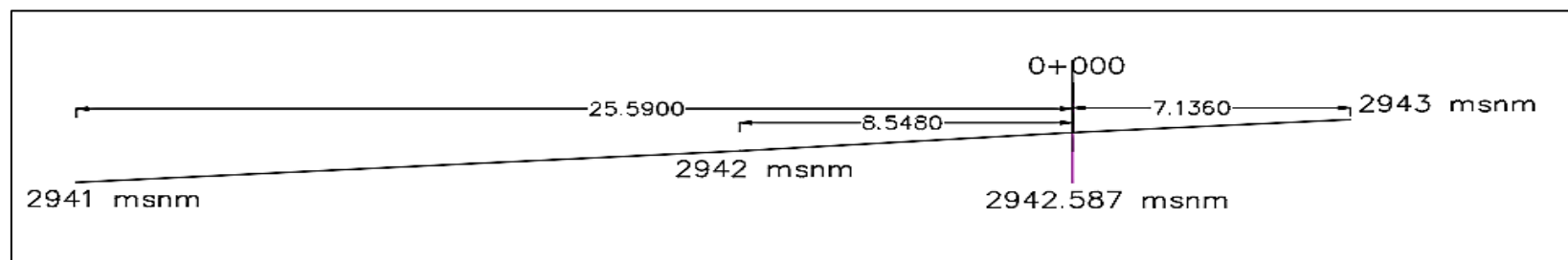
Cotas cero 0+000.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2943	1.188
2942	2.188
2941	3.188

Elaborado por: La autora.

Figura 270

Sección transversal 0+000.



Elaborado por: La autora.

ABCISA 0+020

Cota conocida: 2943.781 msnm

Altura instrumental: 1.602 m

Tabla 52

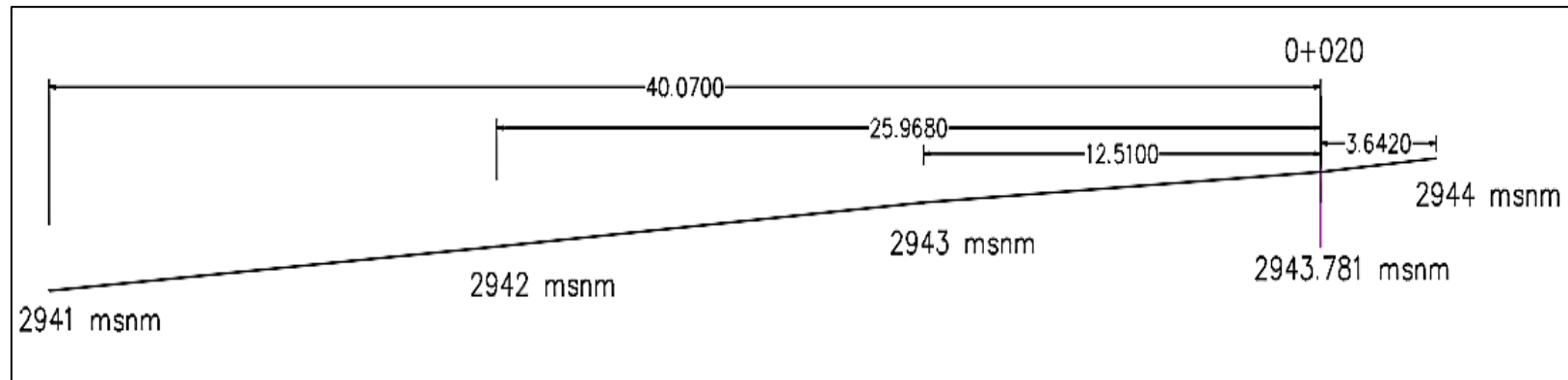
Cotas Cero 0+020.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2944	1.383
2943	2.383
2942	3.383
2941	4.383

Elaborado por: La autora.

Figura 271

Sección transversal 0+020.



Elaborada por: La autora.

ABCISA 0+040

Cota conocida: 2944.993 msnm

Altura instrumental: 1.590 m

Tabla 53

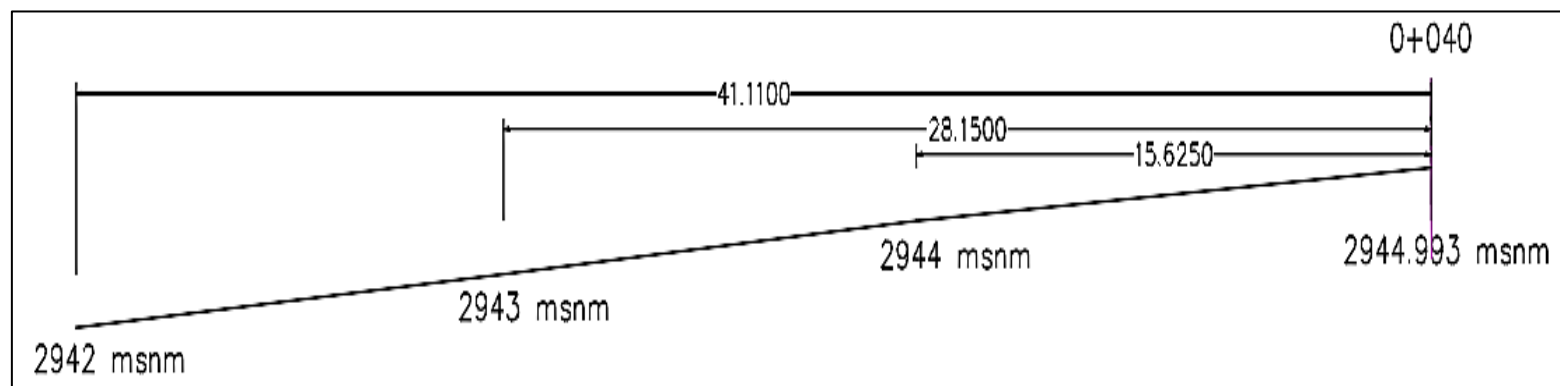
Cotas cero 0+040.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2944	2.585
2943	3.585
2942	4.585

Elaborada por: La autora.

Figura 272

Sección transversal 0+040.



Elaborado por: La autora.

ABCISA 0+060

Cota conocida: 2946.390 msnm

Altura instrumental: 1.560 m

Tabla 54

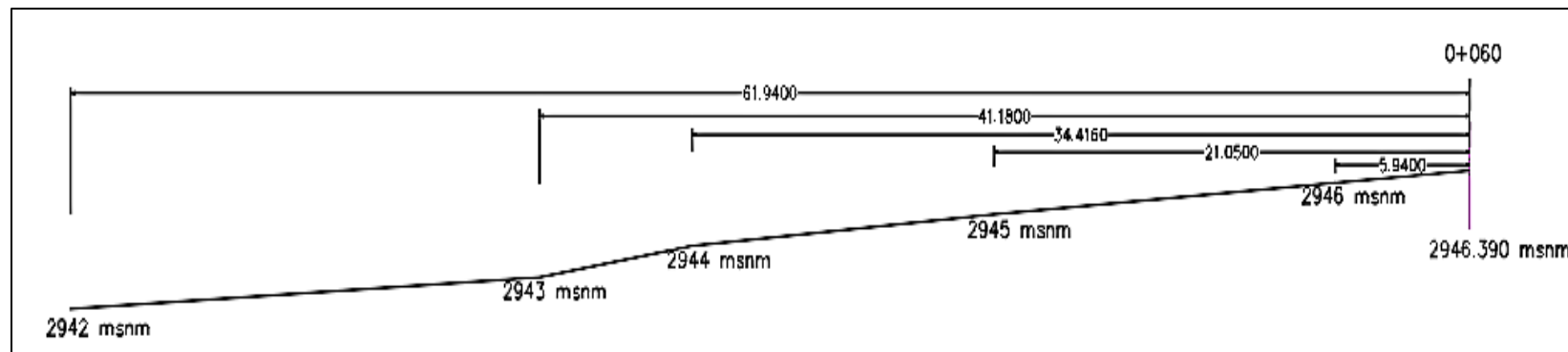
Cotas cero 0+060.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2946	1.95
2945	2.95
2944	3.95
2943	4.95
2942	5.95

Elaborado por: La autora.

Figura 273

Sección transversal 0+060.



Elaborado por: La autora.

ABCISA 0+080

Cota conocida: 2947.576 msnm

Altura instrumental: 1.598 m

Tabla 55

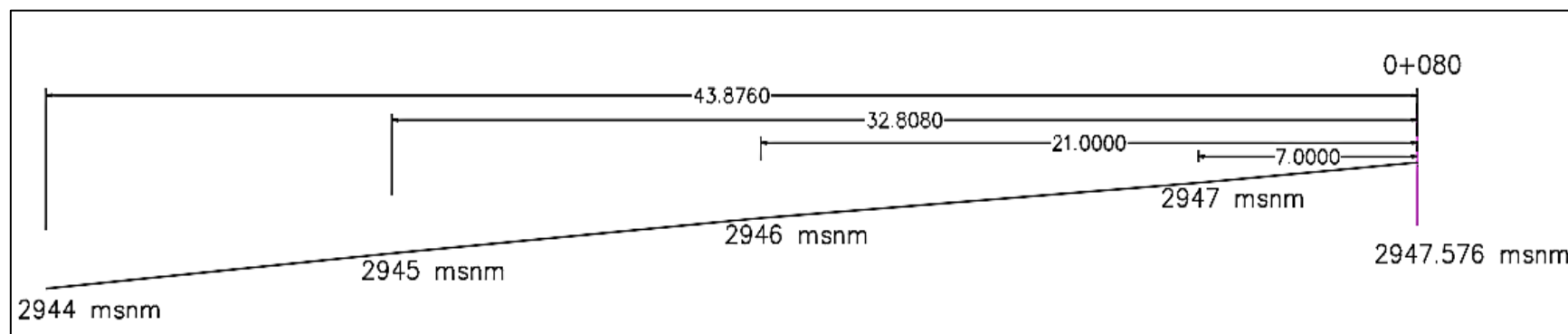
Cotas cero 0+080.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2947	2.174
2946	3.174
2945	4.174
2944	5.174

Elaborado por: La autora.

Figura 274

Sección transversal 0+080.



Elaborado por: La autora.

ABCISA 0+100

Cota conocida: 2949.022 msnm

Altura instrumental: 1.590 m

Tabla 56

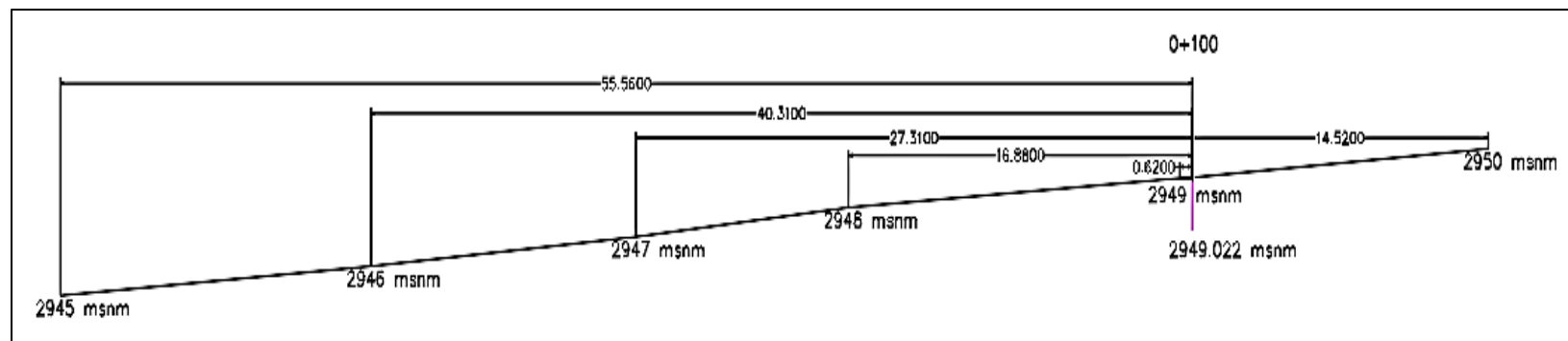
Cotas cero 0+100.

Cota cero (msnm)	Lectura (m)
2950	0.612
2949	1.612
2948	2.612
2947	3.612
2946	4.612
2945	5.612

Elaborado por: La autora.

Figura 275

Sección transversal 0+100.



Elaborado por: La autora.

2.1.7.8 Conclusiones.

- Se concluye que la tolerancia es mayor al error de cierre ($6.708 \text{ mm} > 3.00 \text{ mm}$), por lo tanto, la nivelación de la línea está cumpliendo la condición de topografía.
- Mediante la alineación forma por tramos cada 20 m, se logró representar el perfil longitudinal con el eje horizontal las abscisas y con el eje vertical las cotas corregidas, con la finalidad de mostrar el tipo de terreno, se concluye que es un terreno montañoso por los desniveles que se muestra en el perfil.
- Encontramos las cotas ceros para dibujar las secciones transversales de la alineación que se conforma por tramos 0+000, 0+020, 0+040, 0+060, 0+080 y 0+0100 m, del cual se concluye que es un terreno es montañoso.
- La interpretación del perfil longitudinal y las secciones transversales, tiene la finalidad de que los estudiantes tengan entiendan y analicen el comportamiento del terreno.

2.1.7.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que el terreno no tenga obstáculos, debido a que se debe encontrar las cotas cero.
- Se sugiere al estudiante visualizar la mira e interpretar las mediciones, además de mantener la mira correctamente centrada con el objetivo de no variar mucho en los resultados de sus lecturas.
- Saber manejar adecuadamente los instrumentos y sus conceptos.

2.1.7.10 *Croquis*

Figura 276

Ubicación del BM.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

CAPÍTULO III

3. TOPOGRAFIA APLICADA

3.1 Prácticas de topografía aplicada en campo.

3.1.1 Monumentación y toma de puntos de control permanentes con GPS diferencial.

3.1.1.1 Introducción.

En la topografía la tecnología aumentada con el transcurso de los años, uno de los equipos que ha existido desde hace 30 años es el GPS, que a transcurso del tiempo aumentando su desarrollo tecnológico. Su uso, manipulación y manejo de la información sigue presentando innumerables dudas, pero cabe decir que es un instrumento que da resultados milimétricos durante la toma de un punto de control permanente que se encuentra ubicado en la Universidad Politécnica Salesiana. Esta práctica presentara la información básica relaciona con el GPS diferencial para apoyar el proceso de aprendizaje a los estudiantes de ingeniería en el campo de la topografía, de tal manera de que se registra, almacena y procesar los datos en campo mediante un software disponible del equipo.

3.1.1.2 Objetivos.

1. Nivelar y centrar el equipo GPS diferencial.
2. Enlazar a la estación más cerca de la universidad y obtener los datos de INAMHI.
3. Procesar los datos mediante un software.

3.1.1.3 Alcance.

Constará de implantar un punto de control fijo ubicado en la Universidad Politécnica Salesiana mediante el GPS diferencial, obtendremos en los resultados una precisión milimétrica con la finalidad de procesar los datos mediante el software.

3.1.1.4 Fundamento teórico.

IGM (Instituto Geográfico Militar)

El instituto geográfico militar es la principal fuente de cartografía nacional de Ecuador, se encarga de la planificación y control de actividades vinculadas con la cartografía ecuatoriana en apoyo a la defensa, seguridad y desarrollo nacional.

RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR (REGME)

Es una infraestructura técnica, que consta de almacenamiento de datos mediante los equipos geodésicos de última generación, de canales de comunicación y transmisión de dato, políticas de seguridad e integridad.

Existen estaciones permanentes a nivel nacional e internacional, se encuentran distribuidas en distintas provincias del país. Estas captan datos GNSS las 24 horas del día, los 7 días a la semana y los 365 días del año, proporcionando información necesaria para el procesamiento diferencial de información GNSS, además de que consta de precisión centimétrico (1-2 cm) en la componente horizontal, dependiendo de las condiciones topográficas del levantamiento. La distribución de las estaciones se muestra a continuación:

Mapa de la Red GNSS.



Es un sistema de radio-navegación de cobertura mundial, operado por el departamento de defensa de USA, consistente en una constelación de 24 satélites artificiales alrededor de la tierra y estaciones terrestres. Permite la navegación, localización, orientación y mapeo de puntos de interés con distintos niveles de precisión de acuerdo a su uso específico.

- Satélites en órbita alrededor de la tierra.
- Estaciones terrestres de control y seguimiento.
- Receptores del GPS.

329

longitud y altitud, así como la hora local precisa. Con pequeños receptores del GPS portátiles el usuario puede determinar con exactitud su ubicación y desplazarse fácilmente al lugar a donde desea trasladarse.

Punto geodésico.

Es un punto permanente que se encuentra activo y no activo en el IGM, sirve para la geo referencia para obtener coordenadas UTM reales de cualquier otro hito que se realice en un trabajo civil; cualquier usuario público o privado puede acceder a las monografías mediante el Geo Portal.

Figura 278

Red Activa.



Fuente: Instituto Geográfico Militar.

● ACTIVA (Propiedad del IGM)

Características del Receptor GNSS T300 Plus.

Características del receptor GNSS SinoGNSS T300 Plus	
Ultra pequeño y super ligero	
Tamaño	15.8 cm x 7.5 cm
Peso	0.95 kg (incluye dos baterías)
Canales de señales satelitales rastreadas simultáneamente	572

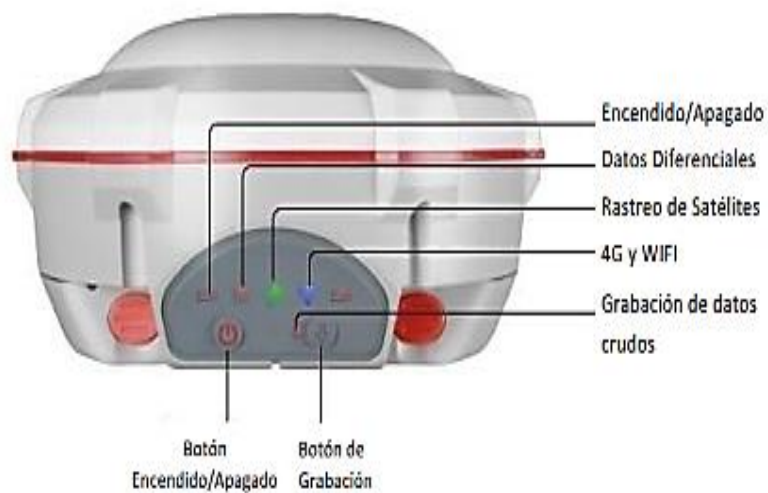
Diseño de batería	Hot swap
Tecnología inalámbrica	Bluetooth
Resistente al agua	Ip67
Interoperabilidad total	Base/Rover
Intervalo de frecuencia	12.5 kHz
Sensor de inclinación integrado	
Modulo 4G integrado, compatible con los protocolos Ntrip y punto a punto/puntos	

Fuente: Guía del receptor GNSS T300 Plus.

Partes del receptor.

Figura 279

Partes del receptor.



Fuente: Guía del receptor GNSS T300 Plus.

3.1.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Base receptor T300 Plus.

Descripción: El receptor contiene 5 luces indicadores LED, un botón de encendido/apagado, wifi, rastreo de satélites, radio y grabación de datos crudos.

Barra de extensión de 30 cm

Descripción: La barra sirve de extensión para la base nivelante ya que es necesaria para colocar el receptor que trabaja como base.

- **Nombre del equipo:** Cable Lemo de 7 pines a RS232

Descripción: Sirve como interruptor de acceso para el cable de alimentación de la batería.

- **Nombre del equipo:** Cable Lemo de 7 pines a USB

Descripción: El cable Lemo de 7 pines sirve para cargar los datos crudos del receptor a la computadora

- **Nombre del equipo:** Cable de alimentación externa

Descripción: El consumo de energía aumentara cuando se trabaja en campo por más de una hora, por lo tanto, es recomendable utilizar una batería externa del consiste el cable de alimentación externa a al receptor

- **Nombre del equipo:** Base nivelante dos burbujas con adaptador de altura.

Descripción: Sirve como nivelación del receptor para que exista una buena precisión en los resultados, ayuda a centrar el equipo mediante la plomada óptica y a nivelar el equipo mediante la manipulación de los tornillos.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Batería externa

Descripción: Es una batería externa para realizar un levantamiento topográfico, tenga un mayor tiempo de trabajo.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

Figura 280

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

3.1.1.6 Procedimiento.

1. Se ubica en el terreno y se localiza el punto materializado.

Figura 281

Punto geodésico GPS-4.



Elaborada por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto materializado, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 282

Manipulación del trípode



Elaborada por: La autora.

3. Se abre las 3 patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 283

Plantada del trípode en el punto geodésico.



Elaborada por: La autora.

4. Se abre la caja del equipo, se coloca la base nivelante de dos burbujas con adaptador de altura sobre la base del trípode y se ajusta con el tornillo de montaje.

Figura 284

Colocación del adaptador de altura.



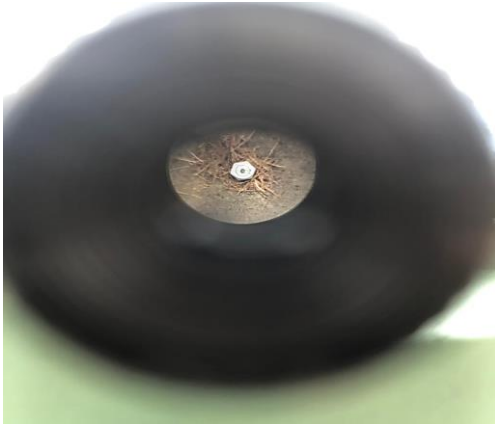
Elaborada por: La autora.

5. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto GPS y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el centro del punto GPS, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje

del trípode y se procede a mover la base nivelante de la base del receptor hasta que se encuentre en el centro del punto GPS y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.

Figura 285

Plomada óptica.



Elaborada por: La autora.

6. Se procede a nivelar la base nivelante, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 286

Centrado del equipo.



Elaborada por: La autora.

7. Se coloca el nivel tubular de la base nivelante paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en

cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 287

Ubicación de los tornillos.



Elaborada por: La autora.

Figura 288

Nivelación del equipo



Elaborada por: La autora.

8. Se extrae de la caja del equipo la barra de extensión de 30 cm y la base del receptor de T300 Plus, se enrosca la barra a la base receptora y se coloca la antena látigo del receptor.

Figura 289

Colocación de la barra al receptor.



Elaborada por: La autora.

9. Luego se enrosca sobre la base nivelante, se ajusta con el tornillo lateral a la barra de extensión.

Figura 290

Ajuste de la barra.



Elaborada por: La autora.

10. Se conecta el cable Lemo de 7 pines de RS232 a la base del receptor para conectar al cable de alimentación externa de la batería.

Figura 291

Conexión de externa de la batería.



Elaborada por: La autora.

11. Se conecta las pinzas de color rojo y negro a la batería, conectando al interruptor del mismo color de cada pinza.

Figura 292

Ubicación de pinzas.



Elaborada por: La autora.

Figura 293

Equipo listo para receptar datos.



Elaborada por: La autora.

12. Se vuelve a visualizar que se encuentre en el centro del clavo la plomada óptica, ya que se encuentre correctamente nivelado y centrado el equipo está listo para el funcionamiento.
13. Se enciende el equipo y se espera unos minutos hasta que el equipo se conecte a la red satelital.

Figura 294

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

14. Se mide la altura inclinada desde el eje de referencia de la base del receptor hasta la cara superior del clavo (1.790 m), por último, se presiona el botón de grabación de los datos crudos, el equipo

está listo para recopilar la información mediante la conexión satelital, se espera por lo menos una hora para obtener las coordenadas del punto geodésico.

Figura 295

Altura inclinada del equipo.



Elaborada por: La autora.

Figura 296

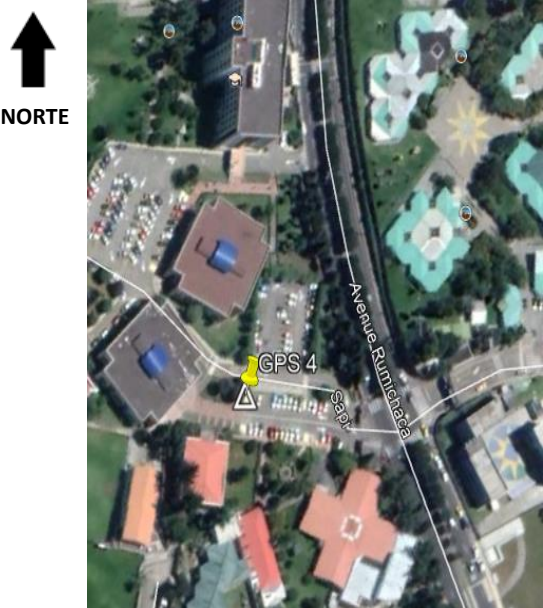

Equipo receptando datos.



Elaborada por: La autora.

15. Se procesa los datos receptados en campo mediante un software en la oficina.

3.1.1.7 Resultados.

PROYECTO:	HITO DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA CAMPUS "SUR"		
NOMBRE DEL PUNTO:	GPS 04 – (U.P.S)		
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO			
PAÍS:	ECUADOR	CANTÓN:	QUITO
PROVINCIA:	PICHINCHA	SITIO:	U. SALESIANA.
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
SISTEMA DE COORDENADAS: WGS 84		ZONA:	17 SUR
LATITUD (° ' ") :	0°16'59,05577"S	NORTE (m):	9968683.327
LONGITUD (° ' ") :	78°33'00,60762"O	ESTE (m):	772685.230
ALT. ELIPSOIDAL (m):	2916.935	ELEVACIÓN (msnm):	2891.255
FECHA DE DETERMINACIÓN:		22-DIC-2020	
NÚMERO DE REGISTRO:		83	
CROQUIS		FOTOGRAFÍA PANORÁMICA	
			
		UBICACIÓN	
		El hito se encuentra ubicado frente al bloque "E" a 30 (metros), entre los parqueaderos de la puerta de salida de la Av. Rumichaca Ñan y Sapi.	
ACCESIBILIDAD			
Partiendo desde el centro comercial "Quicentro SUR", nos dirigimos a la Universidad Politécnica Salesiana ingresamos por la Av. Rumichaca Ñan. con un recorrido en automóvil aproximado de 5 minutos, en el sitio el hito se encuentra ubicada frente al bloque "E" y a los parqueaderos de la puerta de salida de la Universidad Politécnica Salesiana.			
Elaborado por:			
MISHELLE MARIÑO			

3.1.1.8 Conclusiones.

- En la práctica se concluye que el punto geodésico (GPS 4) de la universidad politécnica salesiana se encuentra en un área libre que no existe interferencias en las radiaciones y se mantienen constante en conexión con los satélites, del cual dio mayor precisión en sus resultados por la recopilación de datos.
- El punto geodésico tiene como referencia el Hito ESPEC con coordenadas UTM 17S al N: 9976195.8529 m, E: 778986.3007 m y Z: 2922.3891 m ubicado en Sangolquí que se encuentra activo en el IGM, concluyendo que es el más cercano aproximadamente a unos 12 km del punto (GPS 4).
- Con el procesamiento de datos de la base del receptor con la serie T3033931 mediante el software Compass Receiver Utility dio como resultados las coordenadas UTM del punto geodésico N: 9968683.327 m, E: 772685.230 m y Z: 2891.255 m.

3.1.1.9 Recomendaciones.

- No se recomienda realizar la practica cuando el clima este con demasiada descarga eléctrica debido a que el equipo trabaja receptando la señal de los satélites.
- Se recomienda que el radio de distribución satelital no exista ninguna interferencia de arbustos o edificios, debido que al momento de procesar los datos interfieren cortando la señal satelital.
- Se recomienda recopilar los datos por al menos una hora para que exista una mayor precisión centimétrico.
- En el momento de que este grabando los datos crudos se sugiere que no esté ningún usuario al menos 2 m de radio del equipo.

3.1.1.10 Croquis.

Figura 297

Ubicación del punto geodésico GPS-4.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.2 Levantamiento topográfico utilizando GPS diferencial.

3.1.2.1 Introducción.

En la topografía la tecnología aumentada con el transcurso de los años, uno de los equipos que ha existido desde hace 30 años es el GPS, en el transcurso del tiempo aumentando su desarrollo tecnológico. Su uso, manipulación y manejo de la información sigue presentando innumerables dudas, pero cabe decir que es un instrumento que da resultados milimétricos de precisión, exactitud y calidad en trabajos de levantamientos topográficos. La práctica presentara la información de los datos crudos del levantamiento topográfico obtenidos mediante el GPS diferencial, de tal manera de que se registra, almacena y procesa los datos mediante un software disponible del equipo; con la finalidad de apoyar el proceso de aprendizaje a los estudiantes de ingeniería en el campo de topografía.

3.1.2.2 Objetivos.

1. Familiarizar el uso del equipo para levantamientos topográficos.
2. Manejar correctamente la manipulación en la toma de puntos para evitar inconvenientes en los resultados.
3. Exportar los datos crudos de los puntos del levantamiento topográfico.

3.1.2.3 Alcance.

Se efectuará un levantamiento topográfico de la Universidad Politécnica Salesiana con el GPS diferencial, que constara de un punto geodésico conocido (GPS 2) con coordenadas UTM, con los resultados en formato txt; esta práctica tiene la finalidad de que los estudiantes interpreten los avances de la tecnología en el campo de topografía.

3.1.2.4 Fundamento teórico.

GNSS (SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACION POR SATELITE).

Es un sistema de radio-navegación de cobertura mundial, operado por el departamento de defensa de USA, consistente en una constelación de 24 satélites artificiales alrededor de la tierra y estaciones terrestres. Permite la navegación, localización, orientación y mapeo de puntos de interés con distintos niveles de precisión de acuerdo a su uso específico.

Componentes del GNSS:

1. Satélites en órbita alrededor de la tierra.
2. Estaciones terrestres de control y seguimiento.
3. Receptores del GPS.

A través del espacio los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores del GPS, que proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa. Con pequeños receptores del GPS portátiles el usuario puede determinar con exactitud su ubicación y desplazarse fácilmente al lugar a donde desea trasladarse.

Punto geodésico.

Es un punto permanente que se encuentra activo y no activo en el IGM, sirve para la geo referencia para obtener coordenadas UTM reales de cualquier otro hito que se realice en un trabajo civil; cualquier usuario público o privado puede acceder a las monografías mediante el GeoPortal.

Medición GNSS en tiempo real.

El equipo será capaz de recibir información adicional transmitida mediante los satélites GNSS, se interpreta que es la comunicación entre el equipo GPS diferencial con una estación, red o satélite con la finalidad de recibir correcciones a la medición realizada. Existen varias mediciones en tiempo real, las más importantes son:

- Sistema de aumentación (WAAS o EGNOS)

- Sistema de radio como VHF o UHF (RTK)
- Sistemas de suscripción (CNAV)
- Internet y telefonía celular (Ntrip)
- Redes activas

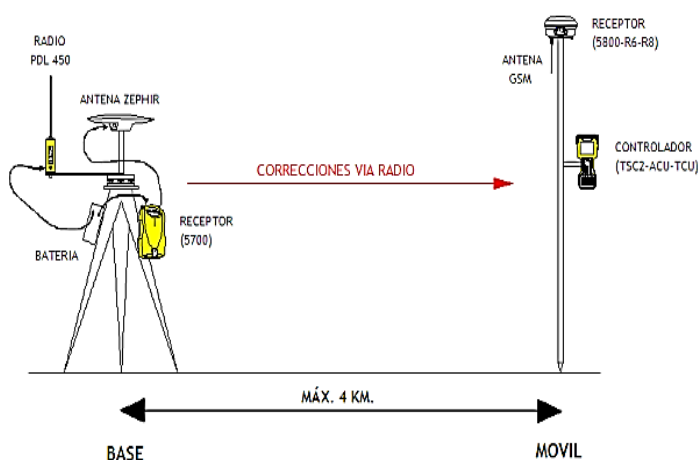
RTK (NAVEGACIÓN SATELITAL EN TIEMPO REAL).

Es método de medición que consta de una Base de receptor y un Rover, el método de medición de puntos es estáticos mediante el Rover para un levantamiento topográfico, estableciendo puntos de control para el inicio y cierre de tramos convencionales, existirá transmisión y comunicación satelital cada segundo mediante la base del receptor y el Rover, los resultados arrojados será de precisión centimétrico.

Trabaja en doble frecuencia que tendrá una exactitud nominal de 1 centímetro horizontalmente y 2 centímetros verticalmente. Este método constara de un ubicación permanente y bien referenciada, el Rover se mantiene en constante movimiento mostrando en un móvil el mapa del sitio donde se realizará el trabajo con alta precisión en sus resultados.

Figura 298

Partes del equipo.



Fuente: García D, 2008.

3.1.2.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Base receptor T300 Plus.

Descripción: El receptor contiene 5 luces indicadores LED, un botón de encendido/apagado, wifi, rastreo de satélites, radio y grabación de datos crudos.

Barra de extensión de 30 cm

Descripción: La barra sirve de extensión para la base nivelante ya que es necesaria para colocar el receptor que trabaja como base.

- **Nombre del equipo:** Cable Lemo de 7 pines a RS232

Descripción: Sirve como interruptor de acceso para el cable de alimentación de la batería.

- **Nombre del equipo:** Cable Lemo de 7 pines a USB

Descripción: El cable Lemo de 7 pines sirve para cargar los datos crudos del receptor a la computadora

- **Nombre del equipo:** Cable de alimentación externa

Descripción: El consumo de energía aumentara cuando se trabaja en campo por más de una hora, por lo tanto, es recomendable utilizar una batería externa del consiste el cable de alimentación externa a al receptor

- **Nombre del equipo:** Base nivelante dos burbujas con adaptador de altura.

Descripción: Sirve como nivelación del receptor para que exista una buena precisión en los resultados, ayuda a centrar el equipo mediante la plomada óptica y a nivelar el equipo mediante la manipulación de los tornillos.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Batería externa

Descripción: Es una batería externa para realizar un levantamiento topográfico, tenga un mayor tiempo de trabajo.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

Figura 299

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

3.1.2.6 Procedimiento.

1. Se ubica en el terreno y se localiza un punto geodésico que conste con coordenadas UTM.

Figura 300

Punto geodésico.



Elaborado por: La autora.

2. Se procede a armar el trípode sobre el punto materializado, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 301

Conexiones externas del receptor.



Elaborado por: La autora.

3. Se abre las 3 patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 302

Presionar las patas metálicas.



Elaborado por: La autora.

4. Se abre la caja del equipo, se coloca la base nivelante de dos burbujas con adaptador de altura sobre la base del trípode y se ajusta con el tornillo de montaje.

Figura 303

Colocación de la base de extensión de altura.



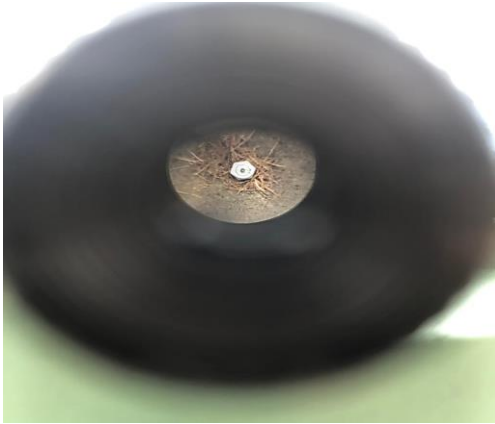
Elaborado por: La autora.

5. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto GPS y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar el centro del punto GPS, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje

del trípode y se procede a mover la base nivelante de la base del receptor hasta que se encuentre en el centro del punto GPS y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.

Figura 304

Centrado mediante la plomada óptica.



Elaborado por: La autora.

6. Se procede a nivelar la base nivelante, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 305

Centrado del equipo.



Elaborado por: La autora.

7. Se coloca el nivel tubular de la base nivelante paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en

cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 306

Identificación de los tornillos de nivelación.



Elaborado por: La autora.

Figura 307

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se extrae de la caja del equipo la barra de extensión de 30 cm y la base del receptor de T300 Plus, se enrosca la barra a la base receptora y se coloca la antena látigo del receptor.

Figura 308

Colocación de la antena.



Elaborado por: La autora.

9. Luego se enrosca sobre la base nivelante, se ajusta con el tornillo lateral a la barra de extensión.

Figura 309

Ajuste del base.



Elaborado por: La autora.

10. Se conecta el cable Lemo de 7 pines de RS232 a la base del receptor para conectar al cable de alimentación externa de la batería.

Figura 310

Conexión de la batería externa.



Elaborado por: La autora.

11. Se conecta las pinzas de color rojo y negro a la batería, conectando al interruptor del mismo color de cada pinza.

Figura 311

Ubicación de pinzas.



Elaborado por: La autora.

Figura 312

Plantada del equipo.



Elaborado por: La autora.

12. Se vuelve a visualizar que se encuentre en el centro del clavo la plomada óptica, ya que se encuentre correctamente nivelado y centrado el equipo está listo para el funcionamiento.
13. Se enciende el equipo y se espera unos minutos hasta que el equipo se conecte a la red satelital.

Figura 313

Encender el equipo GNSS.



Elaborado por: La autora.

14. Se mide la altura inclinada desde el eje de referencia de la base del receptor hasta la cara superior del clavo (1.780 m), por último, se presiona el botón de grabación de los datos crudos, el equipo

está listo para recopilar la información mediante la conexión satelital, se espera por lo menos una hora para obtener las coordenadas del punto geodésico.

Figura 314

Medición de altura inclinada.



Elaborado por: La autora.

15. Lista la base se empieza a extraer de su protector al Rover, se coloca las 2 baterías de iones al equipo, además se ajusta la antena en el equipo y finalmente se enrosca al bastón. El bastón tiene medidas de 1.60 m, 1.80 m y 2.0 m; en el cual se colocó en 2.0 m para comenzar a realizar la toma de puntos.

Figura 315

Insertar Rover en el bastón.



Elaborado por: La autora.

16. Se anota el número de serie de la Base (T3306539) y el del Rover (T3309211).

Figura 316

Número de serie de la Base.



Elaborado por: La autora.

Figura 317

Número de serie del Rover.



Elaborado por: La autora.

17. Con la Base y el Rover listo se procede a encender el móvil, se enciende el wifi y se selecciona en la aplicación Survey Master.

Figura 318

Nombre de la aplicación de la configuración del GNSS.



Elaborado por: La autora.

Figura 319

Aplicación Survey Master



Elaborado por: La autora.

18. Se crea el trabajo se presiona la opción (Inicio rápido), aparece la pestaña indicando los pasos que debe seguir para la configuración de los equipos, se presiona la opción (Seleccionar) del proyecto 1 y se da un nombre al trabajo a realizar.

Figura 320

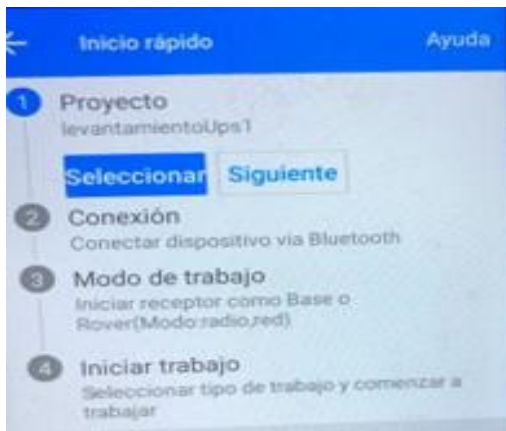
Inicio de la aplicación.



Elaborado por: La autora.

Figura 321

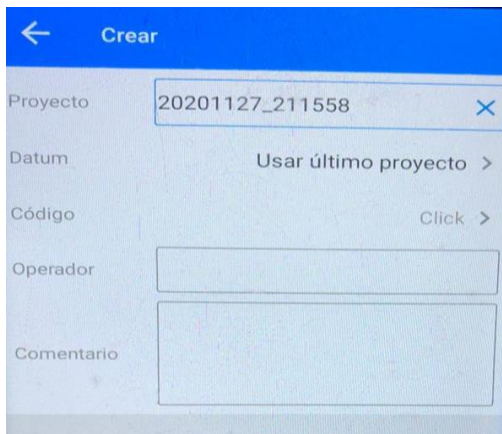
Paso 1.



Elaborado por: La autora.

Figura 322

Nombre del proyecto a realizar.

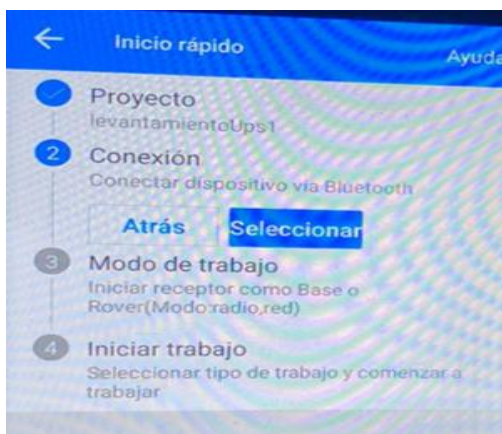


Elaborado por: La autora.

19. Se presiona OK, indicando el segundo paso a realizar. Se presiona en la opción (Seleccionar) que es la conexión vía bluetooth con la base.

Figura 323

Paso 2.

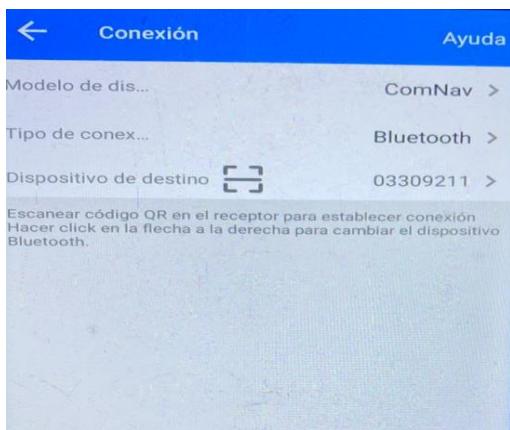


Elaborado por: La autora.

20. Mostrando la siguiente pestaña que indica la conexión del equipo con el móvil, se verifica el número de serie de la base con el del móvil, caso contrario se busca el número de serie de la base (T3306539) y se presiona conectar.

Figura 324

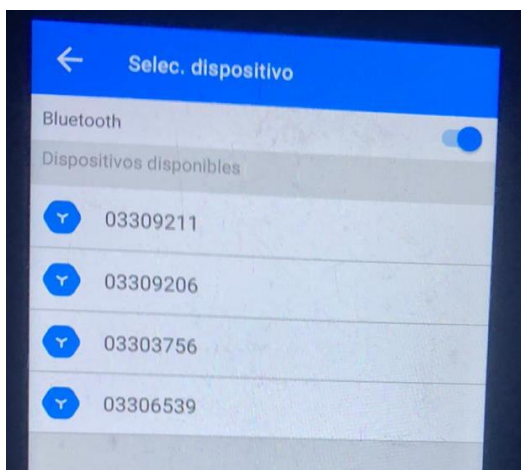
Conexión a la Base.



Elaborado por: La autora.

Figura 325

Seleccionar el número de serie de la Base



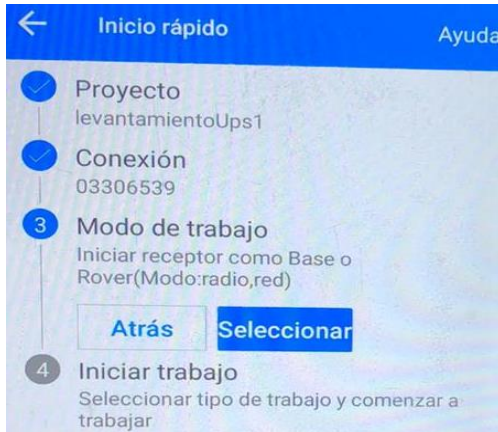
Elaborado por: La autora.

21. Mostrando la pestaña del tercer paso (Modo de trabajo), se puede verificar que el equipo se encuentra correctamente conectado con la base ya que consta del mismo número de serie. Se presiona la opción (Seleccionar). Indicando la pestaña siguiente, se selecciona la Base y se presiona la opción (CONFIRMAR), indicando en la siguiente pestaña el tipo de trabajo, en el cual se trabajara como un RTKBASE y se presiona aplicar, mostrando la siguiente pestaña que ubiquemos los datos donde se encuentra ubicada la base, introduciendo las coordenadas UTM,

9968822.893m N, 772642.717m E y 2884.14 m Z; con una altura inclinada de la base (1.678 m), por último se presiona OK indicando en la pestaña que el equipo se conectó correctamente..

Figura 326

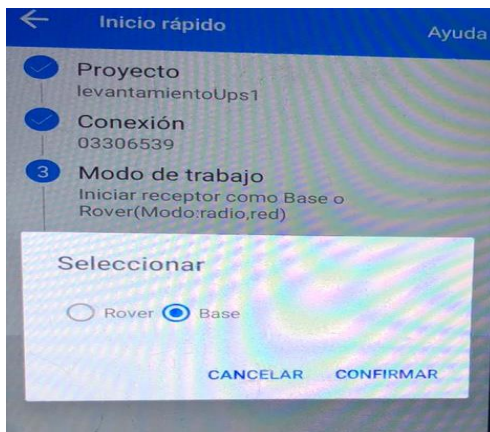
Paso 3.



Elaborado por: La autora.

Figura 327

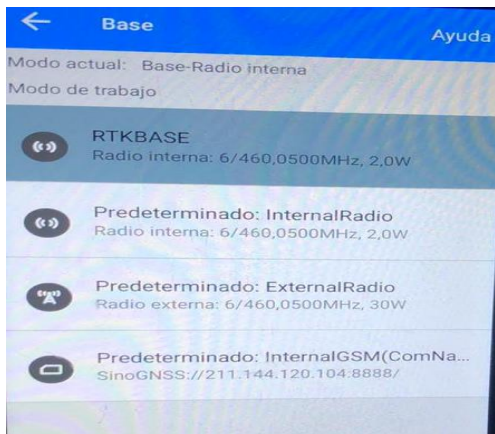
Seleccionar la Base.



Elaborado por: La autora.

Figura 328

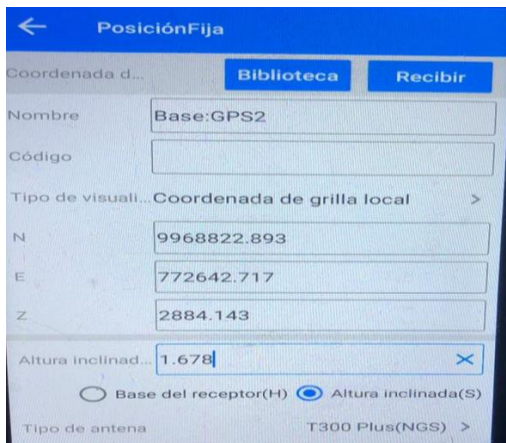
Método RTKBASE.



Elaborado por: La autora.

Figura 329

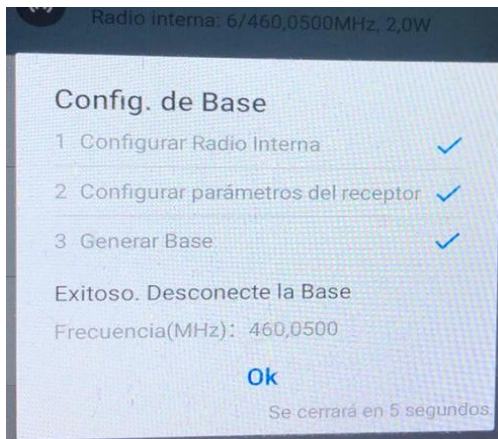
Datos de la Base.



Elaborado por: La autora.

Figura 330

Configuración de la base exitoso.

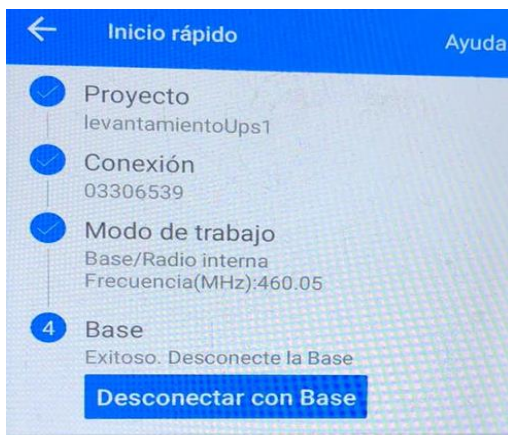


Elaborado por: La autora.

22. Por último, nos indica el cuarto paso (BASE), se selecciona la opción (Desconectar con Base) y se presiona SI, el programa mismo nos manda al segundo paso, con la finalidad de conectar al Rover, se presiona en la opción (Seleccionar) y se selecciona el número de serie que le corresponde al Rover (T3309211).

Figura 331

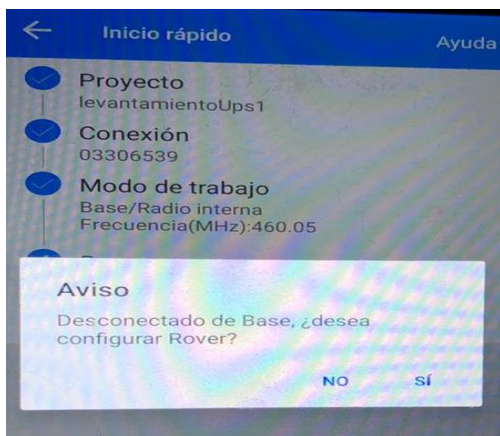
Paso 4.



Elaborado por: La autora.

Figura 332

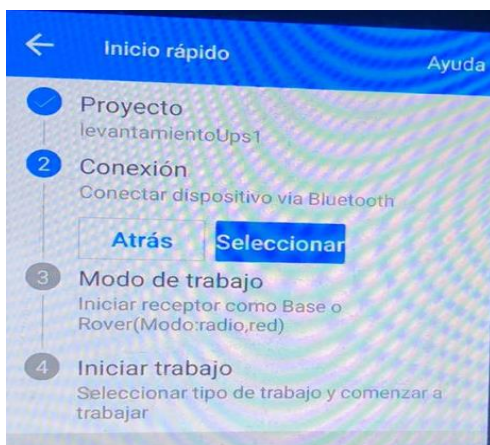
Desconectar la Base.



Elaborado por: La autora.

Figura 333

Conexión al Rover, paso 2.

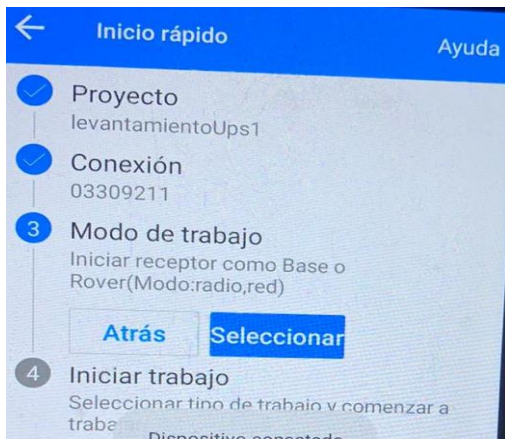


Elaborado por: La autora.

23. En la siguiente pestaña nos indica el tercer paso (Modo de trabajo), se puede verificar que se conectó correctamente con el Rover, se presiona la opción (Seleccionar), ahora con la opción de trabajo como Rover y se presiona (CONFIRMAR). Se selecciona la opción RKTROVER y se presiona (Aplicar), finalmente se configura correctamente mostrando en la siguiente pestaña de aviso y presionando Ok.

Figura 334

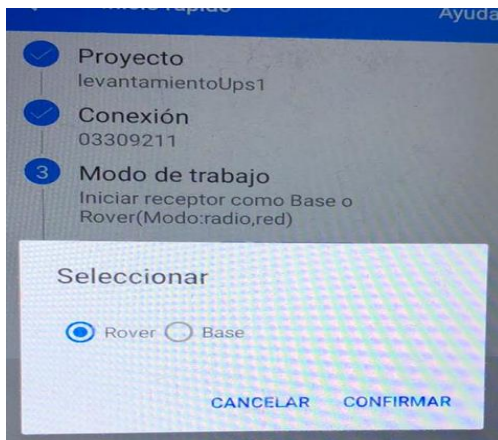
Paso 3 RTK.



Elaborado por: La autora.

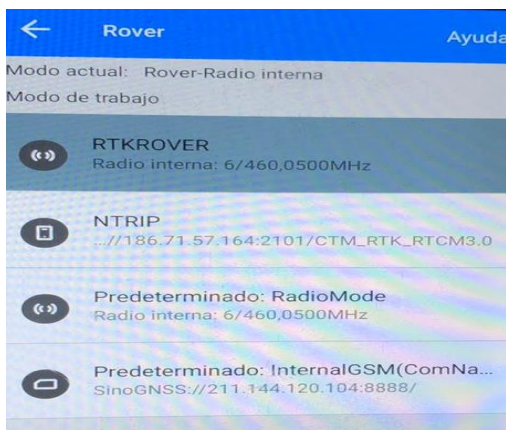
Figura 335

Seleccionar Rover.



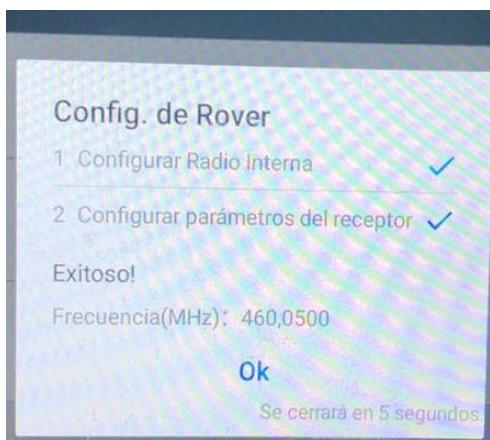
Elaborado por: La autora.

Figura 336
RTKROVER.



Elaborado por: La autora.

Figura 337
Configuración del Rover exitoso.

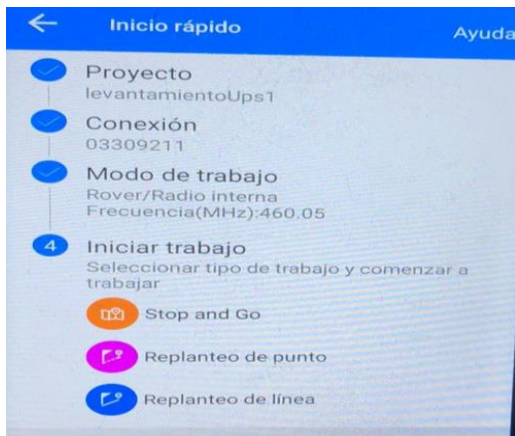


Elaborado por: La autora.

24. Por último, aparece el cuarto paso (Iniciar trabajo), se presiona la opción (Stop and Go) y se encuentra listo para realizar el trabajo del levantamiento topográfico. Un aviso importante es verificar la altura del Rover, debido a que a veces es necesario aumentar su altura o disminuirla y en la opción de la pantalla Stop and Go se cambia de manera fácil y rápida.

Figura 338

Stop and Go.



Elaborado por: La autora.

Figura 339

Levantamiento topográfico - Croquis.



Elaborado por: La autora.

25. La flecha roja indica la ubicación donde se encuentra el Rover, se comienza a realizar el levantamiento de bordillos, linderos, entre otros; en el móvil se va dibujando los puntos tomados de color verde como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 340

Levantamiento topográfico.



Elaborado por: La autora.

26. Con el trabajo realizado se presiona la opción exportar trabajo y se envía mediante el correo electrónico la toma de los puntos que conforman el levantamiento de la Universidad politécnica salesiana, como archivo xls.

Figura 341

Resultado de exportar los datos.

Name,N,E,Z,Code					
	A	B	C	D	E
1	Name,N,E,Z,Code				
2	V72,9968783.655,772658.788,2885.293,				
3	V78,9968764.578,772612.719,2886.444,				
4	V82,9968766.276,772580.459,2885.210,				
5	V124,9968751.123,772620.730,2886.635,				

Elaborado por: La autora.

3.1.2.7 Resultados.



Se adjunta los puntos en documento xls.

3.1.2.8 Conclusiones.

- Se concluye que los errores horizontales y verticales del Rover mostrada en la aplicación Survey Master deben ser menores a 0.005 m para un resultado preciso en el levantamiento realizado.
- Exportando los puntos, se obtiene las curvas de nivel mediante el software Civil 3D mostrando la topografía del terreno.
- Con los resultados obtenidos indica que existió una conexión satelital entre la Base y el Rover correctamente.

3.1.2.9 Recomendaciones

- Se recomienda que la ubicación de la base no tenga obstáculos o arbustos cerca, debido a que interfieren en la conexión con los satélites activos.
- Nivelar y centrar correctamente la base.
- Centrar el Rover al momento de obtener los puntos.
- Indicar correctamente las nomenclaturas de los puntos.

3.1.2.10 Croquis.

Figura 342

Ubicación del levantamiento topográfico mediante el GNSS.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.3 Levantamiento topográfico por fotografía aérea mediante dron y restitución fotogramétrica.

3.1.3.1 Introducción.

La tecnología avanza con el transcurso de los años, en el campo de la ingeniería ha sido un gran apoyo ya que sea permitido obtener productos fotogramétricos de alta resolución espacial, disminuyendo tiempo y costo en un levantamiento topográfico. Se representan todas las características naturales hasta los elementos contruidos, identificando los desniveles que se encuentren en el terreno; estableciendo un plan de vuelo, considerando la altura de vuelo, la velocidad constante, entre otros. Con la finalidad de obtener las curvas de nivel, la información del terreno y la restitución fotogramétrica, en el cual constara de dos puntos geodésicos conocidos en el terreno para georreferenciar en el software AGISOFT FOTOSCAN.

3.1.3.2 Objetivos.

1. Realizar la práctica del levantamiento topográfico con el dron estableciendo un plan de vuelo.
2. Ejecutar las curvas de nivel y la restitución fotogramétrica.

3.1.3.3 Alcance.

La práctica consiste en realizar un plan de vuelo con la aplicación PIX4D, cumpliendo con los parámetros de altura de vuelo y la velocidad, obteniendo las curvas de nivel y la restitución fotogramétrica de alta resolución mediante el software AGISOFT FOTOSCAN.

3.1.3.4 Fundamento teórico.

Se pretende dar información sobre las posibilidades que ofrece el empleo de fotografías para obtener conocimientos de áreas extensas sobre la superficie terrestre, a un costo relativamente bajo y con numerosas aplicaciones.

Es oportuno que los principios aquí expuesto son elementales, pero suficientes para entender los fundamentos de esta ciencia. Los conocimientos así obtenidos le permitirán al lector que se interese en la materia además de profundizar en estudios especializados en campo.

Se define como la técnica de obtener información básica cuantitativa y cualitativa a través de las fotografías aéreas.

La fotogrametría se divide en:

- Fotogrametría métrica: prevalece en la determinación de distancias, elevaciones, áreas, volúmenes, perfiles y secciones transversales, así como desarrollar los mapas topográficos con base en mediciones hechas en la fotográfica.
- Fotointerpretación: trabaja con el análisis y reconocimientos de objetos a partir de imágenes fotográficas, identificando la forma, tamaño, sombra, tono, patrón y textura.

La fotografía estereoscópica es una aplicación de la facultad innata en el hombre de la apreciación del relieve, es decir, de las diferentes distancias a que se encuentran los objetos. Este proceso se hizo posible en hacer planos topográficos mediante fotografías tomadas desde puntos diferentes, ejecutando las imágenes se proyecta todas las características del terreno y su relieve.

Debe comprender los siguientes pasos:

1. Plan de trabajo y cálculos preliminares.
2. Toma de fotografías.
3. Proceso de laboratorio.
4. Control terrestre para ajustar escalar y cotas.
5. Restitución por medio de instrumentos especiales.

Fotografía terrestre: Ofrece facilidad de hacer un levantamiento topográfico rápidos, económicos y precisos cuando se trata de extensiones pequeñas de terreno, no se requiere de quipos

de alta gama. Hoy en día tiene un campo limitado en lo que se refiere a la confección de planos; se emplea cuando la fotogrametría aérea resulta muy costosa, poco practica o imposible. Se utiliza en trabajo pequeños y para entrenamiento de estudiante.

Fotogrametría aérea: se toma desde un avión, siendo fácil determinar la altura y azimut del vuelo. Las fotografías aéreas pueden ser:

- Verticales: cuando el eje de la cámara es vertical y la película horizontal. Corresponden a perspectivas del terreno sobre un plano horizontal.
- Oblicuas: son las tomadas con el eje de la cámara haciendo un ángulo con la vertical. Se conoce como oblicuas altas cuando aparece el horizonte y oblicuas bajas cuando este no aparece.

Planos fotogramétricos.

Una vez tomadas las fotografías, se llevan los rollos al laboratorio, se revelan y luego se clasifican y numeran según el orden en que se tomaron. De su compilación se pueden obtener las siguientes clases de planos o mapas.

Mosaico

Consiste en una serie de fotografías, arregladas de tal manera que representan completamente el área deseada. Estas se recortan con cuidado y se pegan en una base de cartón, que generalmente se fotografía para obtener en una sola imagen el conjunto total.

Los mosaicos pueden ser:

- No controlados: no tienen puntos de control ni escala.
- Controlados: se tiene en cuenta los puntos de control y se ajustan las escalas para obtener una escala común.

La restitución fotogramétrica puede ser:

1. Planimétrico: el que no aparece las curvas de nivel.
2. Topográfico: consiste en de curvas de nivel.

3.1.3.5 Equipo utilizado

- **Nombre del equipo:** Dron Phantom 4 Pro V2

Descripción: Marca Dj Phantom 4 Pro V2, incluye una resolución para la transmisión de visualización, conectividad mejorada y más.

- **Nombre del equipo:** Hélices.

Descripción: Las hélices tienen como principal objetivo que el equipo vuele, en el cual se ajustan en los 4 extremos del dron para que el equipo esté listo para su vuelo.

- **Nombre del equipo:** Batería.

Descripción: Su vida de la batería de cinco horas hace que el Phantom 4Pro V2.0 sea una solución integral para imágenes aéreas.

- **Nombre del equipo:** Estuche.

Descripción: El estuche rígido impermeable que sirve para guardar el equipo y sus herramientas, mantener a salvo de golpes o de cualquier otro inconveniente para que el equipo no sufra daños.

- **Nombre del equipo:** Cable USB.

Descripción: Es el cable USB que permite la conexión con el control remoto y el móvil.

Figura 343

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

3.1.3.6 Procedimiento.

1. Para comenzar la práctica se ubica en un área donde no tenga obstáculos, se saca el dron del protector y se coloca las 4 hélices del equipo.

Figura 344

Dron Phantom 4 Pro V2.



Elaborada por: La autora.

Figura 345

Colocar las hélices del equipo.



Elaborada por: La autora.

2. Se introduce la batería al dron y se presiona en el botón encender, el equipo muestra una luz verde de que se encuentra encendido.

Figura 346

Batería.



Elaborada por: La autora.

Figura 347

Introducir la batería en el equipo.



Elaborada por: La autora.

Figura 348

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

3. Se extrae el control de su protector y se coloca el cable USB, conectando el control con el móvil.

Figura 349

Introducir el cable USB del móvil al control.



Elaborada por: La autora.

Figura 350

Control conectado al móvil.

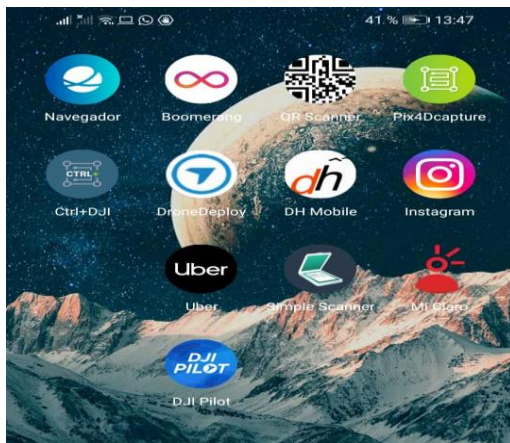


Elaborada por: La autora.

4. En el móvil se presiona la aplicación Ctrl+DJI (PIX4D), apareciendo la pestaña de controles, se presiona la opción (OPEN PIX4DCAPTURE), en el cual se establece un plan de vuelo se selecciona la opción (DOUBLE GRID MISSION), en la siguiente pestaña se introduce una altura de vuelo de 100 m.

Figura 351

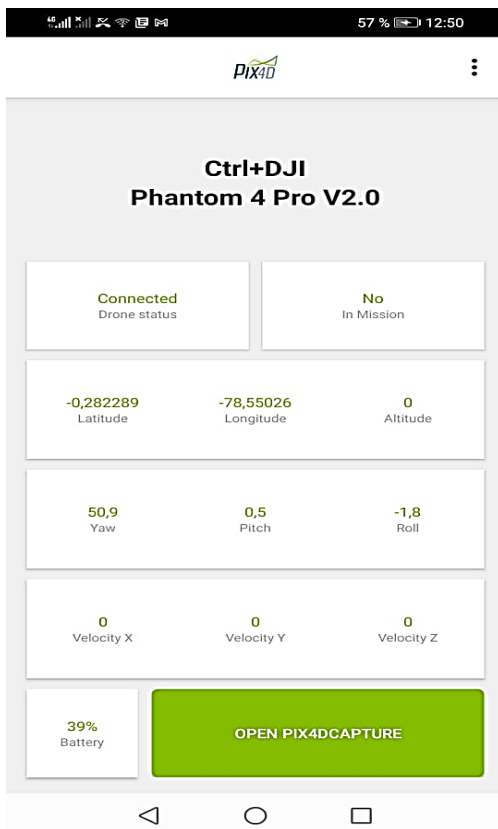
Aplicación del equipo Ctrl+DJI.



Elaborada por: La autora.

Figura 352

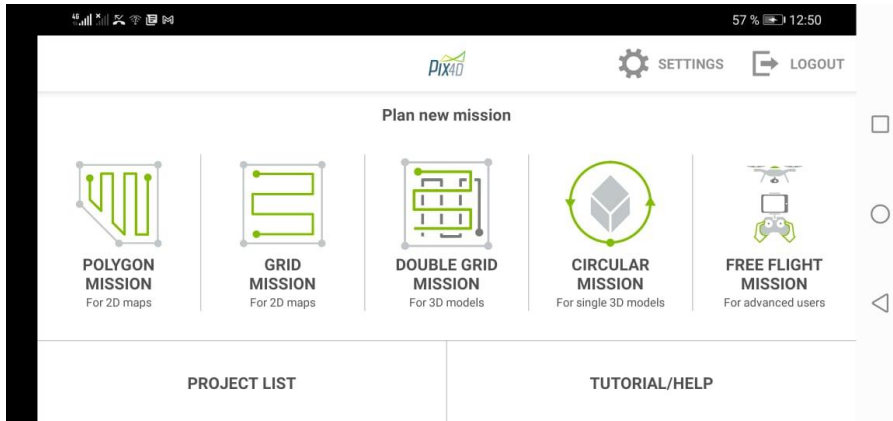
Aplicación abierta del móvil.



Elaborada por: La autora.

Figura 353

Plan de vuelo.

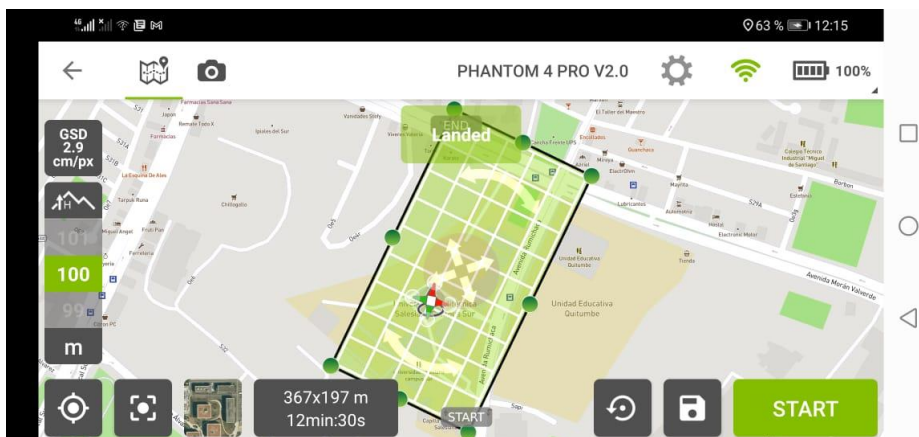


Elaborada por: La autora.

5. Se seleccionará por sector, debido a que el área del terreno es bien extensa, entonces procedemos a seleccionar un área rectangular que abarque la mitad del terreno ubicándose en el mapa, verificando que se encuentre en la ubicación correcta y se presiona START. Indicando la lista de verificación de despegue de drones.

Figura 354

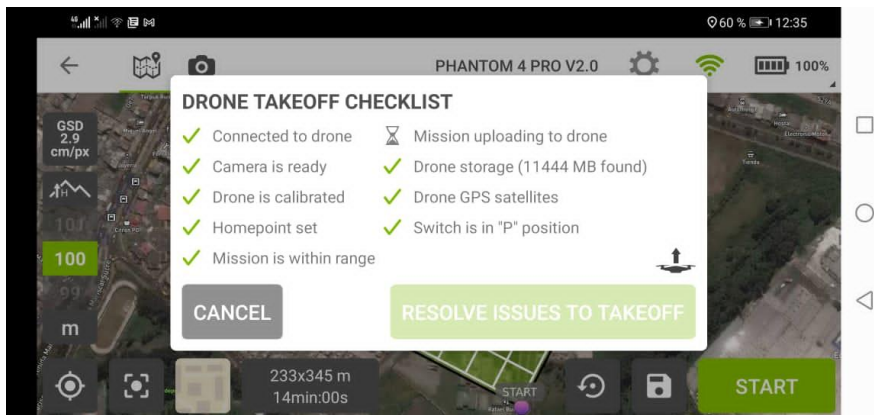
Selección de la primera área.



Elaborada por: La autora.

Figura 355

Chequeo correctamente realizado.



Elaborada por: La autora.

6. El equipo se comienza a elevar hasta los 100 m, del cual comienza con su plan de vuelo ejecutando en dos direcciones como se muestra en las siguientes imágenes.

Figura 356

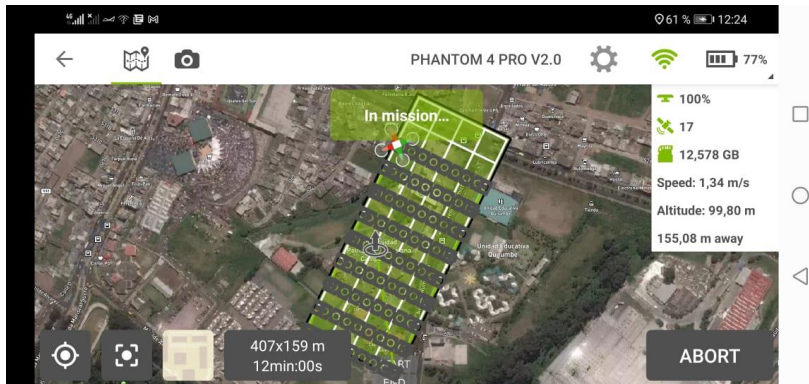
Elevación del dron.



Elaborada por: La autora.

Figura 357

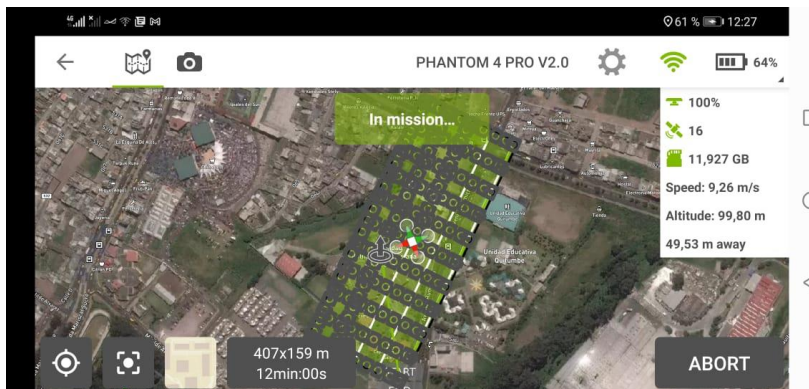
Medición en una dirección.



Elaborada por: La autora.

Figura 358

Medición en otra dirección.



Elaborada por: La autora.

7. Realizada la primera área el dron regresa al punto de partida, se extrae la batería y se coloca otra batería al equipo, se selecciona el área faltante y se presiona START, por último, aparece la lista de verificación de despegue de drones, si todas las opciones tienen un visto el dron empieza a despegar y comienza la captura de fotografías, como se muestra en las siguientes fotos con un plan de vuelo en ambas direcciones.

Figura 359

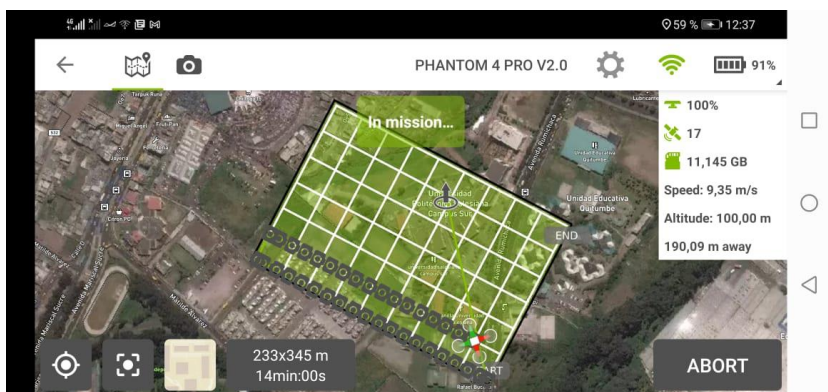
Selección de la segunda área.



Elaborada por: La autora.

Figura 360

Medición en una dirección.



Elaborada por: La autora.

Figura 361

Medición en la otra dirección.



Elaborada por: La autora.

3.1.3.7 Resultados

Restitución Fotogramétrica



Curvas de nivel



Fuente: Civil 3D.

3.1.3.8 Conclusiones.

- El levantamiento topográfico se realizó con éxito, debido a que se ejecutó un plan de vuelo en ambas direcciones, con una altura de vuelo de 100 m y una velocidad constante.
- Se cumplió con los parámetros de vuelo mediante la aplicación del dron Phantom 4 Pro V2.0, además de que al momento de la toma de fotografías los satélites estuvieron aproximadamente siempre más de 15 para su mayor precisión en la restitución fotogramétrica.
- Obtuvo la georreferencia mediante los 3 puntos de control ubicados en la Universidad Politécnica Salesiana, dando una precisión milimétrica en la georreferencia.

3.1.3.9 Recomendaciones.

- Recomendar por lo menos tener dos puntos de control para georreferenciar las curvas de nivel y la restitución fotogramétrica.
- Mantener una altura constante mayor a los 50 m debido a que puede existir interrupciones de edificaciones y complique el plan de vuelo del dron.
- Orientar correctamente las fotografías en los restituidores.
- Verificar las unidades.

3.1.3.10 Croquis

Figura 362

Ubicación del levantamiento topográfico mediante el Dron.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.4 Replanteo de curvas circulares.

3.1.4.1 Curva circular simple.

3.1.4.1.1 Introducción.

Una carretera es una infraestructura que permite la unión entre ciudades, para su diseño es importante considerar la económica, seguridad, comodidad y estética, además de algunos factores externos e internos como la topografía del terreno, velocidad de diseño sin dejar los valores ambientales.

Las curvas circulares simples comprenden un control básico en el diseño vial, se realizó una práctica de campo utilizando el método de deflexiones y cuerdas para el replanteo de la curva, pues su aplicación permite adquirir destrezas en el manejo del método para un estudiante de ingeniería civil.

3.1.4.1.2 Objetivos.

1. Diseñar la curva simple de acuerdo a la norma EMOP.
2. Calcular el ángulo de deflexión y los valores de todos los elementos que compone la curva circular simple.
3. Replantear de la curva circular simple en campo.

3.1.4.1.3 Alcance.

El estudio de las curvas circulares simples, es importante en el trazado de carreteras. La práctica se realiza fundamentalmente en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula de clases, pues con ella se obtienen destrezas en el trazado de la curva.

3.1.4.1.4 Fundamento teórico.

En el diseño geométrico de un proyecto vial es de gran importancia la topografía del terreno, siendo un factor principal en la elección de los valores de los diferentes parámetros que se interviene en su diseño.

La topografía del terreno puede ser llano, ondulado y montañoso. Un terreno es de topografía llana cuando el trazado de la vía no preside las pendientes. Una topografía ondulada es cuando la pendiente del terreno se identifica, sin exceder, identificándose en el perfil longitudinal del terreno y finalmente un terreno montañoso es cuando gobiernan las pendientes, clasificándose de carácter suave cuando las pendientes transversales del terreno son menores o igual al 50% y de carácter escarpado cuando las pendientes son mayores al 50%.

En un estudio vial se enfoca en el cumplimiento de los parámetros básicos del diseño vial, indicando que la velocidad trabaja en conjunto con la topografía del terreno. De acuerdo con el terreno llano se asigna un valor de velocidad alta, en el terreno ondulado un valor medio y por último en el terreno montañoso un valor de velocidad baja en el diseño de vías.

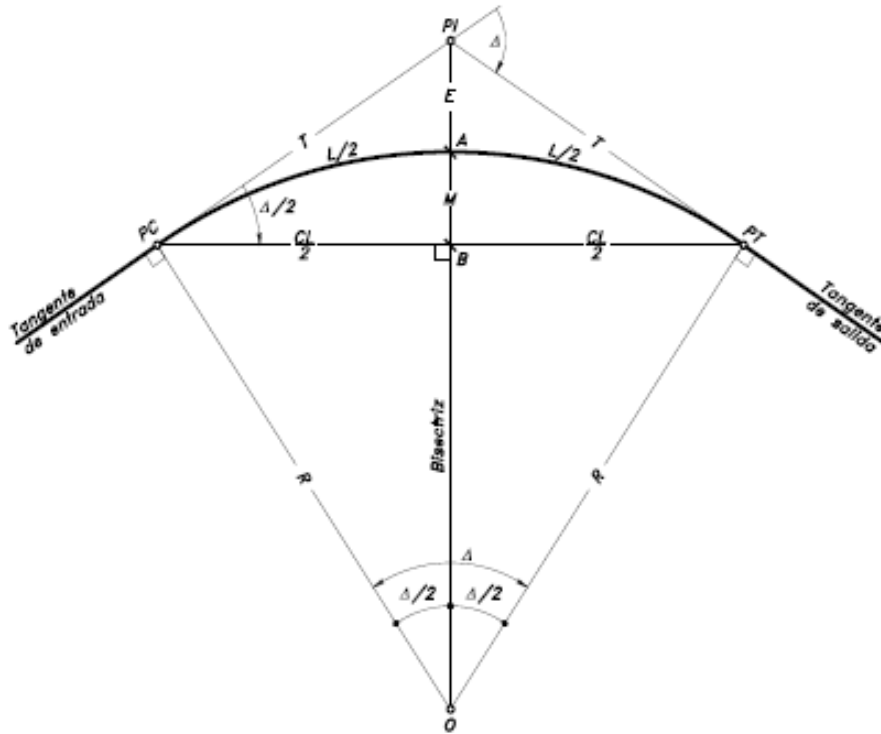
Curvas circulares simples

Las curvas circulares simples es un arco de una circunferencia de un solo radio que empalma dos tangentes, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

Una curva circular simple está conformada por los siguientes elementos:

Figura 363

Elementos que conforman la curva simple.



Fuente: MOP, 2003.

Donde:

Δ : ángulo de deflexión: se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente.

R: radio de la curva circular simple.

E: Externa: distancia medida desde el PI al punto medio de la curva A.

M: ordenada media: distancia medida desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

T: tangente o subtangente: distancia medida desde el PC hasta el PI o desde el PT hasta PI.

CL: Cuerda larga: distancia medida en línea recta desde el PC hasta el PT.

PC: punto de curvatura.

PT: punto de tangencia.

PI: punto de intersección de las dos tangentes conocido como vértice de la curva.

L: longitud de la cuerda: distancia medida desde el PI al PC o desde el PI al PT.

Expresiones de las formular de la curva circular simple:

Cuerda larga

$$CL = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2}$$

Tangente o subtangente

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

Externa

$$E = T \tan \frac{\Delta}{2}$$

Ordenada media

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

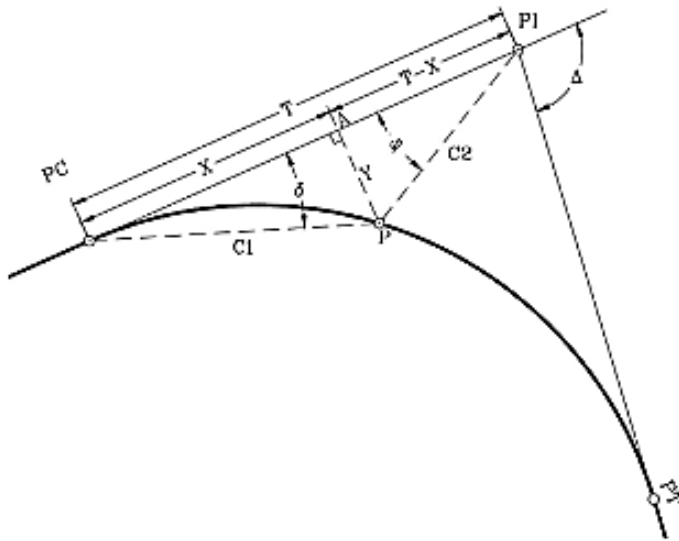
Longitud de la cuerda

$$Lc = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$$

Para replantear la curva circular simple desde el punto PI sin tener que mover el equipo, establece las siguientes ecuaciones basadas en la gráfica indicada:

Figura 364

Elementos de los puntos que forman la curva.



Fuente: MOP, 2003.

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}\delta^2}{\tan(\Delta/2) - \text{sen}2\delta}\right)$$

$$C2 = R\sqrt{(\tan(\Delta/2) - \text{Sen}2\delta)^2 + 4\text{Sen}\delta^4}$$

$$T - X = C2\cos\varphi$$

$$Y = C2\text{Sen}\varphi$$

$$C1 = \sqrt{(T - X)^2 + Y^2}$$

Donde:

φ : ángulo de deflexión PC.

C2: distancia de la hipotenusa formada entre T-X y Y.

C1: distancia horizontal del replanteo de la curva circular simple.



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE
DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽⁹⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁹⁾
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽⁹⁾
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.)						8% (Para V < 50 K.P.H.)					
Coefficiente “K” para: ⁽²⁾																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽³⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00			6,00			4,00 ⁽⁶⁾					
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado					
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						—					
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0					
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						—					
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes	Carga de diseño HS - 20 – 44; HS – MOP, HS - 25																													
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																														

1) El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.

2) Longitud de las curvas verticales: $L = K A$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algébrica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{\min} = 0,60 V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.

3) En longitudes cortas menores a 500 m. se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.

4) Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.

5) Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.

6) Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.

7) En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, úsenese dos aceras completas de 1,20 m de ancho.

8) Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.

9) Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $VD = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas “Recomendables” se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

3.1.4.1.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 365

Identificación de los equipos.



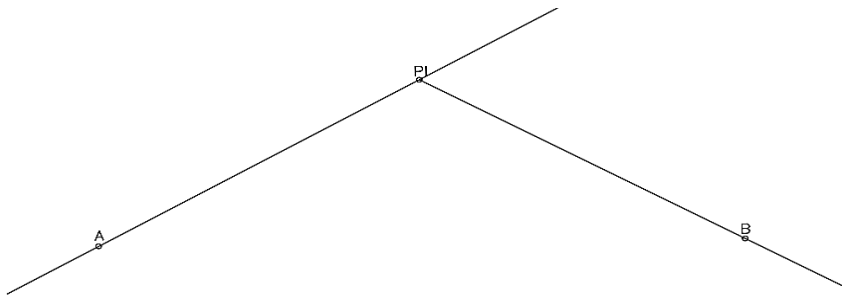
Elaborado por: La autora.

3.1.4.1.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno extenso, se coloca tres puntos materializados una de ellas será la intersección entre los dos puntos materializados representando el PI, en cada punto se colocará una estaca y se ubica un clavo en el centro de cara superior de la estaca (PI) con la ayuda de un combo, como se muestra en la imagen.

Figura 366

Representación de los puntos fijos.



Elaborado por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado PI, con una visualización a los dos puntos A y B, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 367

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 368

Fijar el trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 369

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 370

Colocar el equipo en la base del trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
6. Se procede a nivelar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 371

Centrar el equipo.



Elaborado por: La autora.

7. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 372

Identificar los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 373

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se enciende el equipo.

Figura 374

Encender el equipo.



Elaborado por: La autora.

9. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el aparato, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.
10. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido), se presiona Enter.

Figura 375

Punto de partida.



Elaborado por: La autora.

11. Mostrando la pestaña (Entr ESTAC), se nombra el punto donde se encuentra plantada la estación ST: PI y con una altura instrumental medida desde la cara superior de la estaca hasta el eje de referencia AI: 1.540 m, se presiona Enter. Indicando que digitemos las coordenadas N, E y Z, en el cual todas serán igual a cero debido a que las mediciones a realizar serán angulares y distancias horizontales, se presiona Enter.

Figura 376

Medir altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

Figura 377

Digitar la altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

Figura 378

Coordenadas cero.



Elaborado por: La autora.

12. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angulo) y se presiona Enter.

Figura 379

Angulo de referencia.



Elaborado por: La autora.

13. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionara en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma, se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos indica

que digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.920 m), por último, se presiona Enter.

Figura 380

Medir altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

Figura 381

Digitar la altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

14. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto A, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo

tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces Enter, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 382

Angulo de referencia igual a 0°.



Elaborado por: La autora.

Figura 383

Guardar.



Elaborado por: La autora.

Figura 384

GrabDatsESTACIO!



Elaborado por: La autora.

Figura 385

GrabDatosCrudos!



Elaborado por: La autora.

15. Mostrando en la pestaña un ángulo igual a $00^{\circ}00'00''$, se gira la estación total en sentido horario hasta visualizar al otro punto materializado B, se le comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado y se presiona (MSR 1). Mostrando un ángulo $\Delta AH=240^{\circ}04'05''$.

Figura 386

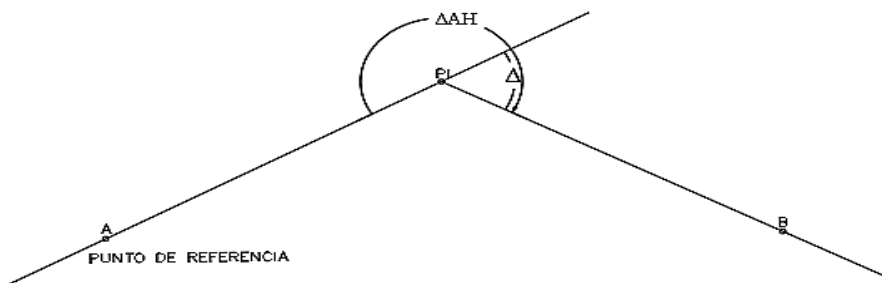
Angulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

Figura 387

Representación de la medición del ángulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

Donde:

ΔAH : ángulo horizontal obtenido por la estación total.

$$\Delta = \Delta AH - 180^\circ$$

$$\Delta = 240^\circ 04' 05'' - 180^\circ$$

$$\Delta = 60^\circ 04' 05''$$

16. Con el ángulo de deflexión encontrado se introduce los datos en la hoja de cálculo (EXCEL), de acuerdo a la MOP el diseño de la curva circular simple será de clase tipo IV, absoluta, terreno ondulado que tendrá de radio mínimo de curvas horizontales de 30 m.

Datos

Radio diseño de la curva: 42 m

Δ : 60°04'05''

Nota: el radio de diseño es mayor al radio mínimo cumple con la condición de diseño.

Resultados obtenidos a través de la hoja de cálculo:

Tabla 57

Resultados de los parámetros.

Cálculo de los parámetros de la curva circular simple		
T	24.282	m
E	6.514	m
M	5.639	m
CL	42.043	m
LC	44.032	m
LC/2	22.016	m

Elaborado por: La autora.

17. Con la estación lista, se mide la tangente $T=24.282$ visualizando al punto A, se le comunica al cadenero que se ubique con el prisma a 25 m aproximadamente en dirección a la alineación formada entre el PI y el punto A, se menciona que se mueva a la derecha o izquierda hasta ubicarse en la alineación se presiona MSR1 y dando como resultado 24.282 m y se coloca una estaca con la ayuda de un combo en el que ese punto representara el PC de la curva, de igual manera se gira la estación visualizando al punto B, se le comunica al cadenero que de igual manera se coloque aproximadamente a 25 m, con la ayuda del telescopio de la estación se

visualiza que el cadenero se encuentre en la alineación formada entre PI y el punto B, se coloca la estaca a una distancia $T=24.282$ m, donde ese punto representara el PT de la curva.

Figura 388

Alineación de la tangente.



Elaborado por: La autora.

Figura 389

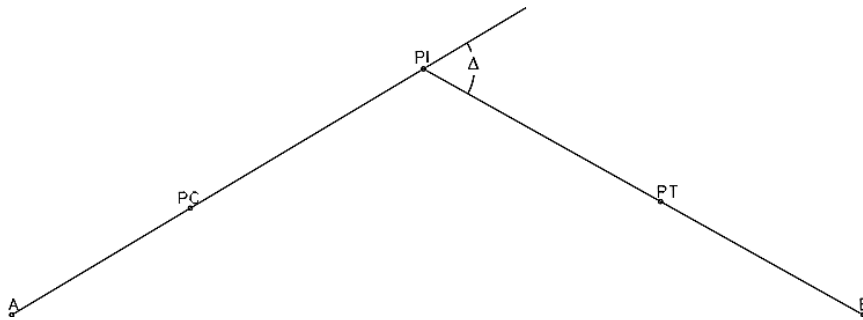
Medición de la tangente.



Elaborado por: La autora.

Figura 390

Representación de las tangentes.



Elaborado por: La autora.

18. Ubicado los puntos PC y PT, con la ayuda de la cinta se mide la distancia horizontal entre ambos puntos que debe dar igual a $CL = 42.043$ m, si cumple se encuentre correctamente ubicado los puntos PC y PT, se coloca una estaca en la mitad de la distancia de la cuerda $CL/2 = 21.022$ m. Se procede a ubicarse con la cinta en el punto PI se estira la cinta hasta la estaca del centro ($CL/2$) y con ayuda de otro cadenero coloca una estaca a 6.514 m que es la distancia externa (E); por último, se mide la Ordenada media ($M = 5.639$ m) se acumulando las distancias externa y la ordenada media dando como resultado 12.153 m que debe coincidir con la estaca ubicada ($CL/2$), con la ayuda de la cinta se enrolla los tres puntos para tener una buena visualización del punto medio de la curva, cumpliendo estos requisitos se procede a dibujar la curva circular simple.

Figura 391

Alineación de la distancia externa.



Elaborado por: La autora.

Figura 392

Medición de la distancia externa.



Elaborado por: La autora.

Figura 393

Alineación de la ordenada media.



Elaborado por: La autora.

Figura 394

Medición de la ordenada media.



Elaborado por: La autora.

Figura 395

Representación de la alineación en campo.



Elaborado por: La autora.

19. Se procede a ubicar la estación en el punto materializado PC, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 7. Indicando el inicio de la curva conocido como tangente de entrada. Se visualiza con la estación total el punto PI y se ajusta el tornillo tangencial horizontal con la referencia al punto mencionado, se enciende el equipo, se formatea de igual manera que es el literal 9 hasta el literal 14, con una altura del instrumental de 1.560 m y altura del prisma 1.920 m; teniendo como alineación al punto PI con un ángulo $00^{\circ}00'00''$. Se

comienza a materializar los puntos de la curva con los datos obtenidos a través de la hoja de cálculos:

Tabla 58

Medición de ángulos y distancias C1.

Ángulo de deflexión PC (Grados)	Distancia C1 (m)
2°00'00"	2.932
4°00'00"	5.865
6°00'00"	8.811
8°00'00"	11.804
10°00'00"	14.922
12°00'00"	18.349

Elaborado por: La autora.

Figura 396

Angulo de referencia igual a 0°.



Elaborado por: La autora.

20. Se coloca el gancho (que es el inicio de medición de la cinta 0.00 m) de la cinta en el clavo del punto PC, se estira la cinta hasta 2.932 m y se gira la estación total hasta un ángulo 2°00'00", se visualiza mediante el telescopio al cadenero se alinea la cinta con la alineación formada en el ángulo mencionado y con la ayuda de un combo se clava la estaca en ese punto.

Figura 397

Girar a un ángulo de deflexión de 2° .



Elaborado por: La autora.

Figura 398

Alineación de la distancia C1.



Elaborado por: La autora.

Figura 399

Medición de la distancia 2.932 m.

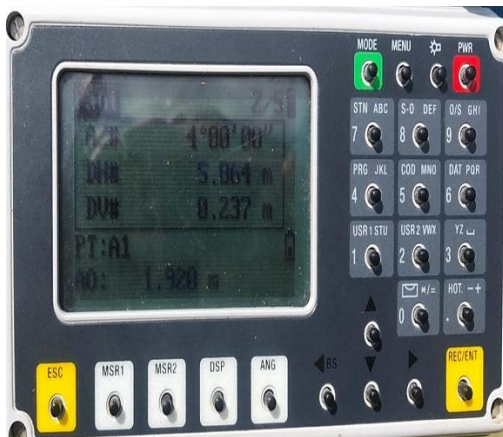


Elaborado por: La autora.

21. Se gira la estación total hasta un ángulo $4^{\circ}00'00''$ y ubicado el gancho de la cinta en el clavo del punto PC se estira la cinta hasta la distancia 5.865 m, se visualiza mediante el telescopio al cadenero se alinea la cinta con la alineación formada en el ángulo mencionado y con la ayuda de un combo se clava la estaca en ese punto, de igual manera se realiza para el resto de ángulos mencionados (literal 18) en la tabla de los valores que forman la curvatura.

Figura 400

Girar a un ángulo de deflexión de 4° .



Elaborado por: La autora.

Figura 401

Medición de la distancia 5.865 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 402

Girar a un ángulo de deflexión de 6° .



Elaborado por: La autora.

Figura 403

Medición de la distancia 8.811 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 404

Girar a un ángulo de deflexión de 8° .



Elaborado por: La autora.

Figura 405

Medición de la distancia 11.804 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 406

Girar a un ángulo de deflexión de 10° .



Elaborado por: La autora.

Figura 407

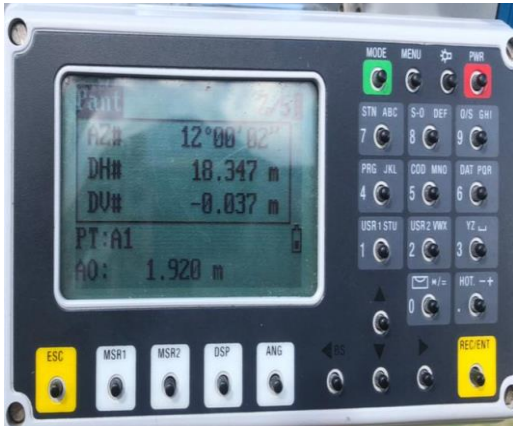
Medición de la distancia 14.922 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 408

Girar a un ángulo de deflexión de 12° .



Elaborado por: La autora.

Figura 409

Medición de la distancia 18.349 m



Elaborado por: La autora.

22. Se procede a mover el equipo y se ubica en el punto materializado PT, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 17 hasta el literal 20, se procede realizar el lado tangente de salida de la curva teniendo en cuenta que el ángulo cambiará debido a que será una circunferencia completa se ira restando los $2^\circ00'00''$, dando como resultado un ángulo de $358^\circ00'00''$ debido a que la estación total gira en sentido horario y con una distancia de 2.932 y así sucesivamente.

Tabla 59*Resultados de las distancias C1.*

Ángulo de la curva (Grados)	Distancia (m)
358°00'00``	2.932
356°00'00``	5.865
354°00'00``	8.811
352°00'00``	11.804
350°00'00``	14.922
348°00'00``	18.349

Elaborado por: La autora.

23. Por último, con la ayuda de una cinta amarilla se comienza a envolver las estacas que forman la curva circular simple.

Figura 410

Replanteo de la curva circular simple lado izquierdo.



Elaborado por: La autora.

Figura 411

Replanteo de la curva circular simple lado derecho.



Elaborado por: La autora.

3.1.4.1.7 Cálculos

Cálculos de los parámetros de la curva circular simple mediante las siguientes formulas.

Datos

Δ : $60^{\circ}04'05''$ y R: 42 m.

Tangente o subtangente (T):

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = 42 \tan \frac{60.068056}{2}$$

$$T = 24.282 \text{ m}$$

Externa (E):

$$E = T \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = 24.282 \tan \frac{60.068056}{2}$$

$$E = 6.514 \text{ m}$$

Ordenada media (M):

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2})$$

$$M = 42(1 - \cos \frac{60.068056}{2})$$

$$M = 5.639 \text{ m}$$

Cuerda larga (CL):

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2(42) \sin \frac{60.068056}{2}$$

$$CL = 42.043 \text{ m}$$

Longitud de la cuerda

$$Lc = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$$

$$Lc = \frac{\pi * 42 * 60.068056}{180^\circ}$$

$$Lc = 44.032 \text{ m}$$

CÁLCULOS PARA EL REPLANTEO DE LA CURVA

δ : 2 grados

Transformación de grados a radianes:

$$\delta = \frac{\pi \delta p c}{180^\circ}$$

$$\delta = \frac{\pi * 2}{180^\circ}$$

$$\delta = 0.035 \text{ rad}$$

$$\Delta = \frac{\pi \Delta p i}{180^\circ}$$

$$\Delta = \frac{\pi * 60.068}{180^\circ}$$

$$\Delta = 1.048 \text{ rad}$$

Cálculos de los valores del replanteo:

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}\delta^2}{\tan(\Delta/2) - \text{sen}2\delta}\right)$$

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}(0.035)^2}{\tan(1.048/2) - \text{sen}(2 * (0.035))}\right)$$

$$\varphi = 0.00479 \text{ rad}$$

$$C2 = R \sqrt{(\tan(\Delta/2) - \text{Sen}2\delta)^2 + 4\text{Sen}\delta^4}$$

$$C2 = 42 \sqrt{(\tan(1.048/2) - \text{Sen}(2 * 0.035))^2 + 4\text{Sen}(0.035)^4}$$

$$C2 = 21.352 \text{ m}$$

$$X = C2 * \text{Cos}\varphi$$

$$X = 21.352 * \text{Cos}(0.00479)$$

$$X = 21.352$$

$$Y = C2 * \text{Sen}\varphi$$

$$Y = 21.352 * \text{Sen}(0.00479)$$

$$Y = 0.102 \text{ m}$$

$$T - X = 24.282 - 21.352$$

$$T - X = 2.930 \text{ m}$$

$$C1 = \sqrt{(T - X)^2 + Y^2}$$

$$C1 = \sqrt{(2.930)^2 + (0.102)^2}$$

$$C1 = 2.932 \text{ m}$$

Se igual manera se realiza los mismos cálculos, pero ahora para un ángulo de deflexión PC de 4°, 6°, 8°, 10° y 12°.

Tabla 60

Resultados a través de la hoja de Excel.

Ángulo de deflexión PC (Grados)	Distancia C1 (m)
2°	2.932
4°	5.865
6°	8.811
8°	11.804

10°	14.922
12°	18.349

Elaborado por: La autora.

3.1.4.1.8 Conclusiones.

- El diseño de la curva circular simple cumple con los requisitos de norma de diseño de carreteras MOP, en el cual se concluye que la clase de vía es tipo IV, con un radio de diseño de 42 m que es mayor al radio mínimo de curvas horizontales, con un ángulo de deflexión de 60°04'05''. Realizando el chequeo de la externa y la ordena media no presentaron errores de cierre, indicando que los procedimientos en campo se efectuaron correctamente.
- El método de deflexión es eficiente para realizar el replanteo de la curva circular simple, debido a que permite realizar el chequeo de los procedimientos realizados en campo.
- La curva circular simple es de gran importancia y utilidad en el diseño de carretera, pues permite tener una buena visualización a los paisajes naturales y además de brindar comodidad y seguridad al usuario.

3.1.4.1.9 Recomendaciones.

- Se recomienda que el terreno sea bien extenso y llano, además de que el terreno no tenga muchos obstáculos para la visualización y la colocación de estacas, por lo menos se deben contar con 30 estacas aproximadamente para el replanteo de la curva circular simple.
- El cadenero debe estirar bien la cinta métrica con la finalidad de que las distancias horizontales se coloquen correctamente a la medida.
- Se sugiere que por lo menos se cuente con dos cadeneros para realizar la práctica.

3.1.4.1.10 Croquis.

Figura 412

Ubicación del replanteo de la curva circular simple.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.4.2 Curva circular compuesta de 2 radios.

3.1.4.2.1 Introducción

La curva circular compuesta está formada por dos o más radios diferentes, su principal función es adaptar la topografía natural del terreno, para su diseño es importante considerar la económica, seguridad, comodidad y estética, además de algunos factores externos e internos como por ejemplo el acceso a un puente, aunque normalmente no son muy comunes y son indeseables.

Están compuestas por curvas circulares simples que comprenden un control básico en el diseño vial, se realizó una práctica de campo utilizando el método de deflexiones y cuerdas para el replanteo de las curvas, pues su aplicación permite adquirir destrezas en el manejo del método para un estudiante de ingeniería civil.

3.1.4.2.2 Objetivos.

1. Diseñar la curva circular compuesta de acuerdo a la norma EMOP.
2. Calcular el ángulo de deflexión y los valores de todos los elementos que compone las curvas circulares simples.
3. Replantear la curva circular compuesta de dos radios en campo.

3.1.4.2.3 Alcance.

La práctica se realiza fundamentalmente en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula de clases, se interpreta criterios para el diseño de las curvas simples de acuerdo a la norma MOP, pues con ella se obtienen destrezas en el manejo de los equipos y en el trazado de curvas.

3.1.4.2.4 Fundamento teórico.

Las curvas circulares compuestas están principalmente formadas por dos o más radios diferentes entre sí, con fin de lograr que el eje de la vía se ajuste a la topografía del terreno. En

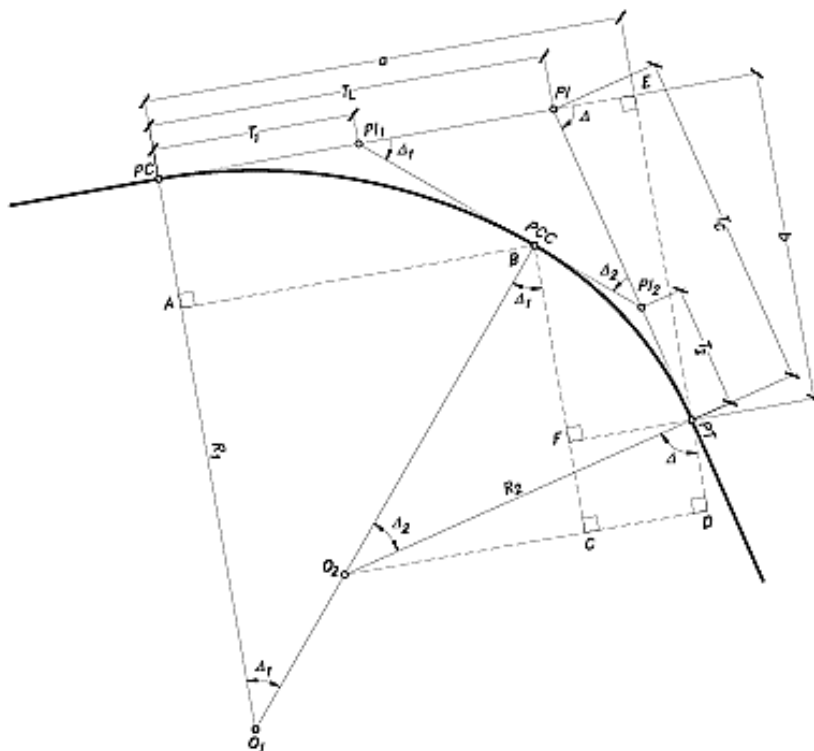
terrenos montañosos existen casos que es necesario utilizar dos, tres o más curvas circulares simples con diferente radio en el desarrollo del trazado.

El punto de curvatura compuesta (PCC) es el punto de tangencia entre las dos curvas simples. También se puede presentar otro caso en el cual las dos curvas tienen sus centros en lados opuestos a la tangente común se le conoce como curva reversa, este caso normalmente es de poco uso.

Una curva circular compuesta está conformada por los siguientes elementos:

Figura 413

Elementos que conforman la curva circular compuesta por dos radios.



Fuente: MOP, 2003.

Donde:

Δ : ángulo de deflexión: se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente.

PC: punto de curvatura compuesta.

PT: fin de la curva compuesta o principio de tangente.

PI: punto de intersección de las dos tangentes.

PCC: punto común de curvas o punto de curvatura compuesta: es el punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

R1: radio de curva de menor curvatura o mayor radio.

R2: radio de curva de mayor curvatura o menor radio.

O1: centro de curva de mayor radio.

O2: centro de curva de menor radio.

$\Delta 1$: ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

$\Delta 2$: ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

T1: tangente de la curva de mayor radio.

T2: tangente de la curva de menor radio.

TL: tangente larga de la curva circular compuesta.

Tc: tangente corta de la curva circular compuesta.

Los elementos geométricos que conforman la curva circular simple se calculan en forma independiente, debido a que cada una de ellas tiene un ángulo de deflexión y un radio diferente entre sí, se utilizan las siguientes expresiones deducidas anteriormente:

Angulo de deflexión (Δ):

$$\Delta = \Delta 1 + \Delta 2$$

$$\Delta 1 = \frac{\pi * \Delta 1}{180^\circ} (rad)$$

$$\Delta 2 = \frac{\pi * \Delta 2}{180^\circ} (rad)$$

Tangente larga (TL):

$$T_L = \frac{R_2 - (R_1 \cos \Delta) + (R_1 - R_2) * \cos \Delta_2}{\text{sen} \Delta}$$

Tangente corta (Tc):

$$T_C = \frac{R_1 - (R_2 \cos \Delta) - (R_1 - R_2) * \cos \Delta_1}{\text{sen} \Delta}$$

Tangente de la curva de mayor radio (T1):

$$T_1 = R_1 * \tan \Delta_1$$

Tangente de la curva de menor radio (T2):

$$T_2 = R_2 * \tan \Delta_2$$

Nota: en el cálculo de las tangentes de las curvas el ángulo de deflexión de mayor y menor radio debe estar en radianes.

3.1.4.2.5 *Equipo utilizado.*

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 414

Identificación de los equipos.



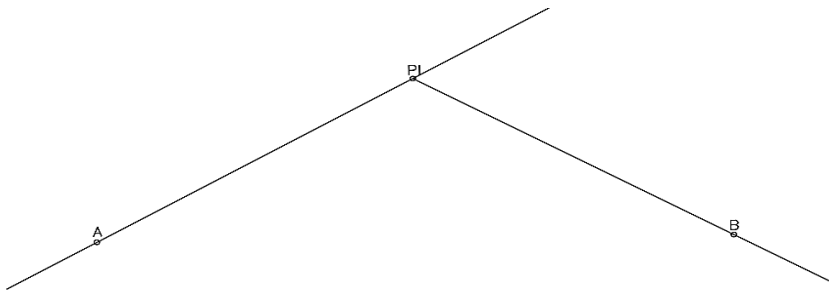
Elaborado por: La autora.

3.1.4.2.6 Procedimiento

1. Se ubica en un terreno extenso y se coloca tres puntos materializados una de ellas será la intersección entre los dos puntos materializados representando el PI, en cada punto se colocará una estaca y se ubica un clavo en el centro de cara superior de la estaca (PI) con la ayuda de un combo, como se muestra en la imagen.

Figura 415

Representación de los puntos fijos.



Elaborado por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado PI, con visualización a los dos puntos A y B, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 416

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 417

Fijar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 418

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 419

Colocación del equipo en la base del trípode.



Elaborado por: La autora.

6. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
7. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 420

Centrar el equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 421

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 422

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 423

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el aparato, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.
11. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido), se presiona Enter.

Figura 424

Punto de partida conocida.



Elaborada por: La autora.

Figura 427

Coordenadas de partida cero.



Elaborada por: La autora.

13. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angulo) y se presiona enter.

Figura 428

Mediante un ángulo de referencia.



Elaborada por: La autora.

14. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionara en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma; se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos indica

que digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.520 m), por último, se presiona Enter.

Figura 429

Medición de la altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

15. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto A, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces ENTER, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 430

Angulo de referencia igual a 0°.



Elaborada por: La autora.

Figura 431

Guardar.



Elaborada por: La autora.

Figura 432

GrabDatsESTACIO!



Elaborada por: La autora.

Figura 433

GrabDatosCrudos!



Elaborada por: La autora.

16. Mostrando en la pestaña un ángulo igual a $00^{\circ}00'00''$, se gira la estación total en sentido horario hasta visualizar al otro punto materializado B, se le comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado y se presiona (MSR 1). Mostrando un ángulo $\Delta AH=240^{\circ}04'05''$.

Figura 434

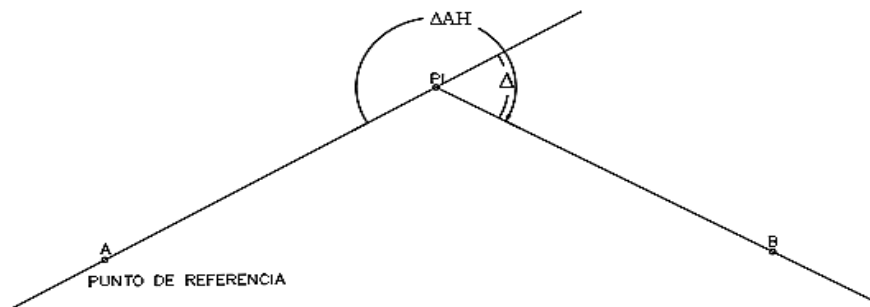
Angulo de deflexión.



Elaborada por: La autora.

Figura 435

Representación de la medición del ángulo deflexión.



Elaborada por: La autora.

Donde:

ΔAH : ángulo horizontal obtenido por la estación total.

$$\Delta = \Delta AH - 180^\circ$$

$$\Delta = 266^\circ 20' 17'' - 180^\circ$$

$$\Delta = 86^\circ 20' 17''$$

17. Con el ángulo de deflexión encontrado se introduce los datos en la hoja de cálculo (EXCEL), cumpliendo con las condiciones de diseño de acuerdo a la MOP para la curva circular compuesta será:

Datos

Clase tipo IV con un terreno ondulado absoluta.

Radio mínimo de curvas horizontales: 30 m (Para ambas curvas circular simples)

Δ : $86^{\circ}20'17'' = 86.338$ sexagesimales

R1: 70 m

R2: 45 m

Δ 1: 45 sexagesimales

Δ 2: 41.338 sexagesimales

Nota: el radio de diseño es mayor al radio mínimo cumple con la condición de diseño.

Resultados obtenidos a través de la hoja de cálculo:

Tabla 61

Resultado de los parámetros de la curva.

Parámetros de la curva circular compuesta		
Tc	49.549	m
TL	59.421	m
T1	28.995	m
T2	16.976	m

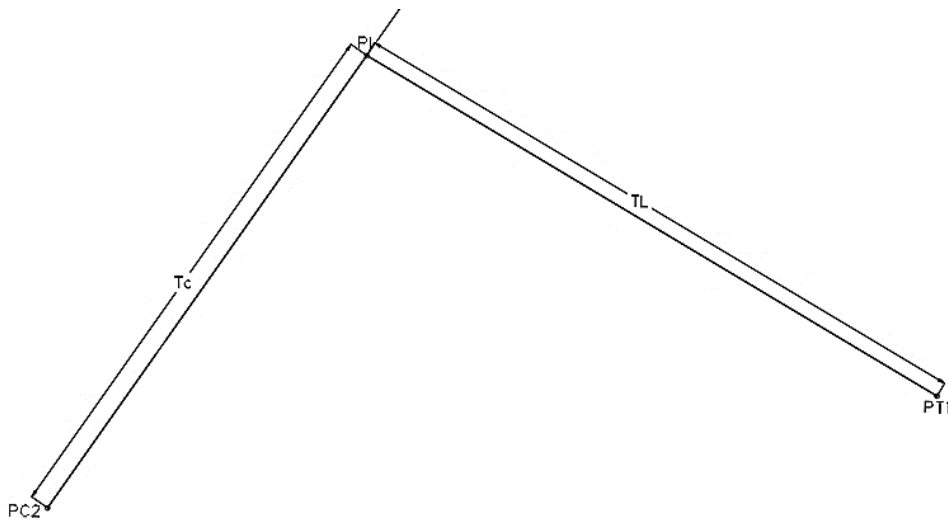
Elaborada por: La autora.

18. Con la estación lista, se mide la tangente corta de la curva compuesta Tc: 49.549 m visualizando al punto A, se le comunica al cadenero que se ubique con el prisma a 50 m aproximadamente en dirección a la alineación formada entre el PI y el punto A, se menciona que se mueva a la derecha o izquierda hasta ubicarse en la alineación se presiona MSR1 y dando como resultado

49.549 m se coloca una estaca con la ayuda de un combo en el que ese punto representara el PC2 de la primera curva circular simple, de igual manera se gira la estación visualizando al punto B y se le comunica al cadenero que se coloque aproximadamente a 60 m, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza que el cadenero se encuentre en la alineación formada entre PI y el punto B, se mide la tangente larga de la curva compuesta TL: 59.549 m y se coloca la estaca materializando el punto, donde ese punto representara el PT1 de la segunda curva circular simple.

Figura 436

Representación de la tangente larga.



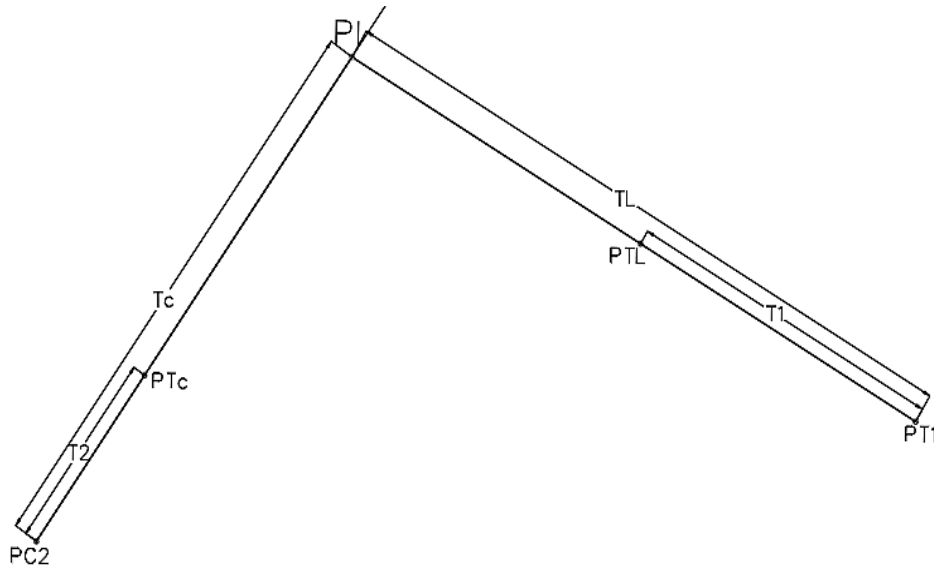
Elaborada por: La autora.

19. Ubicado los puntos PC2 y PT1 de la curva compuesta, se procede a medir las distancias T1 y T2, con la ayuda de la cinta se mide la distancia horizontal desde el PC2 hasta el PI de T2=16.976 m, un cadenero se ubica en el punto PC2 con el inicio de la cinta y otro cadenero mide los 16.976 m, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza al punto que se encuentre correctamente alineado y se coloca la estaca con la ayuda de un combo materializando el punto PTc, de igual manera se realiza el mismo procedimiento de medición

desde el PT1 hasta el PI de $T1=28.995$ m, se verificara que se encuentre el punto en la alineación formada entre ambos puntos PT1 y PI, se coloca una estaca materializando el punto PTL.

Figura 437

Representación de los puntos T1 y T2.



Elaborada por: La autora.

20. Se procede a ubicar la estación en el punto materializado PC2, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 7, indicando el inicio de la primera curva circular simple. Se visualiza con la estación total el punto PI y se ajusta el tornillo tangencial horizontal con la referencia al punto mencionado, se enciende el equipo, se formatea de igual manera que en el literal 9 hasta el literal 14, con una altura del instrumental de 1.540 m, altura del prisma 1.520 m y teniendo como alineación al punto PI con un ángulo $00^{\circ}00'00''$. Se comienza a materializar los puntos de la primera curva circular simple ($R1: 45$ m) con los datos obtenidos a través de la hoja de cálculos:

Tabla 62

Resultado de las distancias C1.

Ángulo de deflexión PC1 (Grados)	Distancia C1 (m)
2°00'00``	3.141
4°00'00``	6.288
6°00'00``	9.473
8°00'00``	12.852

Elaborada por: La autora.

Figura 438

Angulo de referencia al punto PI.



Elaborada por: La autora.

21. Se coloca el gancho (que es el inicio de medición de la cinta 0.00 m) de la cinta en el clavo del punto PC2, se estira la cinta hasta 3.141 m y se gira la estación total hasta un ángulo 2°00'00``, se visualiza mediante el telescopio al cadenero se alinea la cinta con la alineación formada en el ángulo mencionado y con la ayuda de un combo se clava la estaca en ese punto.

Figura 439

Girar a un ángulo deflexión a 2° .



Elaborada por: La autora.

Figura 440

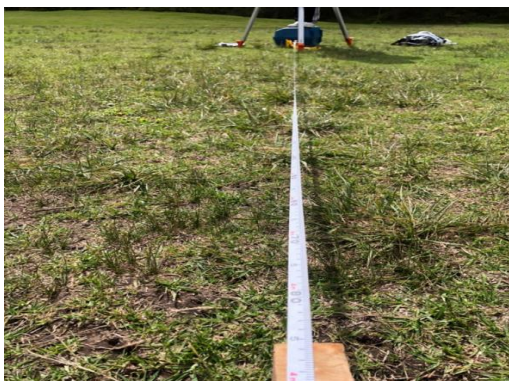
Medición de la distancia de 3.141 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 441

Alineación de la distancia C1.



Elaborada por: La autora.

22. Se gira la estación total hasta un ángulo $4^{\circ}00'00''$ y ubicado el gancho de la cinta en el clavo del punto PC2 se estira la cinta hasta la distancia 6.288 m, se visualiza mediante el telescopio al cadenero se alinea la cinta con la alineación formada en el ángulo mencionado y con la ayuda de un combo se clava la estaca en ese punto, de igual manera se realiza para el resto de ángulos mencionados (literal 19) en la tabla de los valores que forman la curvatura.

Figura 442

Girar a un ángulo deflexión a 4° .



Elaborada por: La autora.

Figura 443

Medición de la distancia de 6.288 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 444

Girar a un ángulo deflexión a 6° .



Elaborada por: La autora.

Figura 445

Medición de la distancia de 9.473 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 446

Girar a un ángulo deflexión a 8° .



Elaborada por: La autora.

Figura 447

Medición de la distancia de 12.852 m.



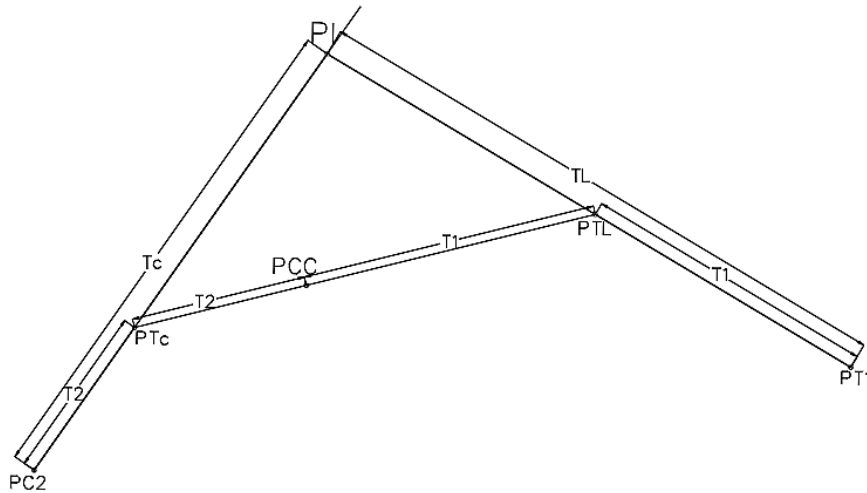
Elaborada por: La autora.

23. Se mueve el equipo y se planta en el punto PTc, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 7. Con la estación total correctamente centrada y nivelada se visualiza por el telescopio del equipo al punto PTL, el cadenero ubicado en el punto PTc coloca la cinta en el centro de la estaca y el otro cadenero procede a medir T2:16.976 m, ubicado a la distancia mencionada se visualiza que se encuentre el punto en la alineación formada entre el punto PTc y PTL, ubicado correctamente se materializa el punto con la ayuda de un combo se

clava la estaca en dicho punto, será el punto que represente el punto común de las curvas PCC. Verificar que la distancia restante sea la misma que $T_1:28.995\text{ m}$, cumpliendo estas dos medidas significa que el replanteo se va realizando correctamente.

Figura 448

Representación del punto PCC.



Elaborada por: La autora.

24. Se ubica el equipo en el punto PCC, que es la unión de ambas curvas, se realiza los mismos pasos mencionados en el literal 2 hasta el literal 14 (AI: 1.56 m; AO: 1.52 m y con ángulo de referencia al punto PTc de $00^{\circ}00'00''$), con el equipo correctamente centrado y nivelado, formateado y referenciado al punto PTc. Se realiza el replanteo del lado tangente de salida para completar la primera curva circular simple teniendo en cuenta que el ángulo cambiará debido a que será una circunferencia completa se ira restando los $2^{\circ}00'00''$, dando como resultado un ángulo de $358^{\circ}00'00''$ debido a que la estación total gira en sentido horario y con una distancia de 3.141 m y así sucesivamente hasta completar el resto de puntos. Con la cinta amarilla se enrolla la cinta en las estacas hasta visualizar la forma de curva.

Tabla 63

Resultados de las distancias C1.

Ángulo de la curva (Grados)	Distancia C2 (m)
358°00'00"	3.141
356°00'00"	6.288
354°00'00"	9.473
352°00'00"	12.852

Elaborada por: La autora.

Figura 449

Girar a un ángulo deflexión a 358°.



Elaborada por: La autora.

Figura 450

Girar a un ángulo deflexión a 356°.



Elaborada por: La autora.

Figura 451

Girar a un ángulo deflexión a 354° .



Elaborada por: La autora.

Figura 452

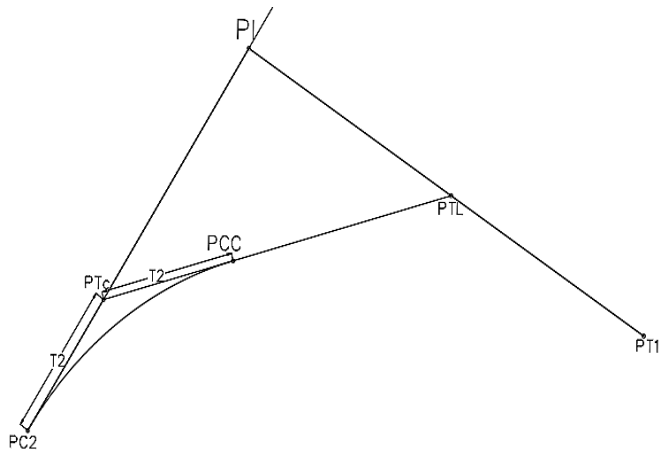
Girar a un ángulo deflexión a 352° .



Elaborada por: La autora.

Figura 453

Representación de la primera curva simple.



Elaborada por: La autora.

Figura 454

Replanteo de la primera curva simple en campo.



Elaborada por: La autora.

25. Con el equipo plantado en el punto PCC se realiza la tangente de entrada de la segunda curva circular simple con $R2:70\text{ m}$, se formatea y de referencia al punto PTL (siguiendo los pasos del literal 9 hasta el literal 14), con ángulo de referencia al punto PTL de $00^{\circ}00'00''$. Se coloca el gancho (que es el inicio de medición de la cinta 0.00 m) de la cinta en el clavo del punto PCC, se estira la cinta hasta 4.887 m y se gira la estación total hasta un ángulo $2^{\circ}00'00''$, se visualiza mediante el telescopio al cadenero se alinea la cinta con la alineación formada en el ángulo

mencionado y con la ayuda de un combo se clava la estaca materializando el punto. De igual manera se realiza el mismo paso mencionado en el literal 21 para el resto de ángulos de deflexión.

Tabla 64

Resultados de las distancias C1 de la segunda curva circular simple.

Ángulo de deflexión PC1 (Grados)	Distancia C1 (m)
2°00'00"	4.887
4°00'00"	9.779
6°00'00"	14.719
8°00'00"	19.685

Elaborada por: La autora.

Figura 455

Girar a un ángulo deflexión a 2°.



Elaborada por: La autora.

Figura 456

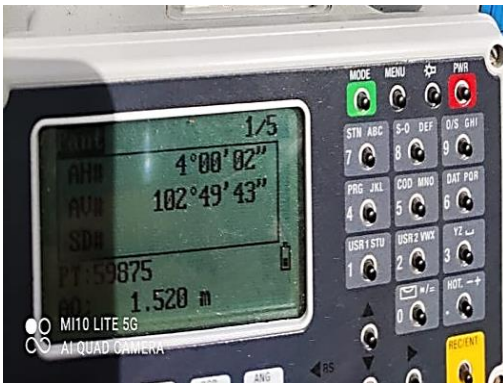
Medición de la distancia de 4.887 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 457

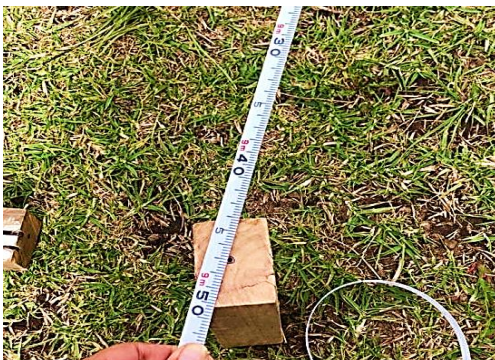
Girar a un ángulo deflexión a 4° .



Elaborada por: La autora.

Figura 458

Medición de la distancia de 9.779 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 459

Girar a un ángulo deflexión a 6° .



Elaborada por: La autora.

Figura 460

Medición de la distancia de 14.719 m.



Elaborada por: La autora.

Figura 461

Girar a un ángulo deflexión a 8° .



Elaborada por: La autora.

Figura 462

Medición de la distancia de 19.685 m.



Elaborada por: La autora.

26. Finalmente se ubica el equipo en el punto PT1, se realiza los mismos pasos mencionados en el literal 2 hasta el literal 14 (AI: 1.56 m; AO: 1.52 m y con ángulo de referencia al punto PI de $00^{\circ}00'00''$), con el equipo correctamente centrado y nivelado, formateado y referenciado al punto PI; se realiza el replanteo del lado tangente de salida de la segunda curva circular simple, teniendo en cuenta que el ángulo cambiará debido a que será una circunferencia completa se ira restando los $2^{\circ}00'00''$, dando como resultado un ángulo de $358^{\circ}00'00''$ debido a que la estación total gira en sentido horario y con una distancia de 4.887 m y así sucesivamente hasta completar el resto de puntos con sus respectivos ángulos. Con la cinta amarilla se enrolla la cinta en las estacas hasta visualizar la forma de curva.

Tabla 65

Resultado de las distancias C2.

Ángulo de la curva (Grados)	Distancia C2 (m)
$358^{\circ}00'00''$	4.887
$356^{\circ}00'00''$	9.779
$354^{\circ}00'00''$	14.719
$352^{\circ}00'00''$	19.685

Elaborada por: La autora.

Figura 463

Replanteo de la segunda curva circular simple.



Elaborada por: La autora.

Figura 464

Replanteo de la curva circular compuesta por dos radios.



Elaborada por: La autora.

3.1.4.2.7 Cálculos.

Datos

$$\Delta = 86^{\circ}20'16''$$

$$\Delta = 86.33778 \text{ sexagesimales}$$

Primera curva con mayor radio:

$$R1 = 70 \text{ m}$$

$$\Delta1 = 45.00000 \text{ sexagesimales}$$

Segunda curva con menor radio:

$$R2 = 45 \text{ m}$$

$$\Delta1 = 41.33778 \text{ sexagesimales}$$

Cálculos de los elementos que conforma curva circular compuesta.

Angulo de deflexión (Δ):

$$\Delta1 = \frac{\pi * \Delta1}{180^{\circ}} (rad)$$

$$\Delta1 = \frac{\pi * 86.33778}{180^{\circ}}$$

$$\Delta = 1.507 \text{ rad}$$

Angulo de deflexión de mayor radio ($\Delta1$):

$$\Delta1 = \frac{\pi * \Delta1}{180^{\circ}} (rad)$$

$$\Delta1 = \frac{\pi * 45}{180^{\circ}}$$

$$\Delta1 = 0.785 \text{ rad}$$

Angulo de deflexión de menor radio ($\Delta2$):

$$\Delta2 = \frac{\pi * \Delta2}{180^{\circ}} (rad)$$

$$\Delta 2 = \frac{\pi * 41.33778}{180^\circ} \text{ (rad)}$$

$$\Delta 2 = 0.721 \text{ rad}$$

Tangente larga (TL):

$$TL = \frac{R2 - (R1 \cos \Delta) + (R1 - R2) * \cos \Delta 2}{\text{sen} \Delta}$$

$$TL = \frac{45 - (70 * \cos(1.507)) + (70 - 45) * \cos(0.721)}{\text{sen}(1.507)}$$

$$TL = 59.436 \text{ m}$$

Tangente corta (Tc):

$$Tc = \frac{R1 - (R2 \cos \Delta) - (R1 - R2) * \cos \Delta 1}{\text{sen} \Delta}$$

$$Tc = \frac{70 - (45 * \cos(1.507)) - (70 - 45) * \cos(0.785)}{\text{sen}(1.507)}$$

$$Tc = 49.549 \text{ m}$$

Tangente de la curva de mayor radio (T1):

$$T1 = R1 * \tan \Delta 1$$

$$T1 = 70 * \tan(0.785)$$

$$T1 = 28.995 \text{ m}$$

Tangente de la curva de menor radio (T2):

$$T2 = R2 * \tan \Delta 2$$

$$T2 = 45 * \tan(0.721)$$

$$T2 = 16.976 \text{ m}$$

Cálculos de los parámetros de la segunda curva con R1 y Δ1:

Tangente o subtangente (T):

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = 70 * \tan \frac{45}{2}$$

$$T = 28.995 \text{ m}$$

Externa (E):

$$E = T \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = 28.995 * \tan \frac{45}{2}$$

$$E = 5.767 \text{ m}$$

Ordenada media (M):

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2})$$

$$M = 70 * (1 - \cos \frac{45}{2})$$

$$M = 5.328 \text{ m}$$

Cuerda larga (CL):

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$CL = 2(70) * \sin \frac{45}{2}$$

$$CL = 53.576 \text{ m}$$

Longitud de la cuerda

$$Lc = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$$

$$Lc = \frac{\pi * 70 * 45}{180^\circ}$$

$$Lc = 54.978 \text{ m}$$

CÁLCULOS PARA EL REPLANTEO R1 Y Δ1:

δ : 2 grados

$\Delta 1$: 0.7 rad

Transformación de grados a radianes:

$$\delta = \frac{\pi \delta pc}{180^\circ}$$

$$\delta = \frac{\pi * 2}{180^\circ}$$

$$\delta = 0.035 \text{ rad}$$

Cálculos de los valores del replanteo:

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}\delta^2}{\tan(\Delta/2) - \text{sen}2\delta}\right)$$

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}(0.035)^2}{\tan(0.785/2) - \text{sen}(2 * (0.035))}\right)$$

$$\varphi = 0.00707 \text{ rad}$$

$$C2 = R\sqrt{(\tan(\Delta/2) - \text{Sen}2\delta)^2 + 4\text{Sen}\delta^4}$$

$$C2 = 70\sqrt{(\tan(0.785/2) - \text{Sen}(2 * 0.035))^2 + 4\text{Sen}(0.035)^4}$$

$$C2 = 24.112 \text{ m}$$

$$X = C2 * \text{Cos}\varphi$$

$$X = 24.112 * \text{Cos}(0.00707)$$

$$X = 24.111$$

$$Y = C2 * \text{Sen}\varphi$$

$$Y = 24.112 * \text{Sen}(0.00707)$$

$$Y = 0.171 \text{ m}$$

$$T - X = 28.995 - 24.111$$

$$T - X = 4.884 \text{ m}$$

$$C1 = \sqrt{(T - X)^2 + Y^2}$$

$$C1 = \sqrt{(4.884)^2 + (0.171)^2}$$

$$C1 = 4.887 \text{ m}$$

Se igual manera se realiza los mismos cálculos, pero ahora para un ángulo de deflexión PC de 4°, 6° y 8°.

Tabla 66

Resultados de la segunda curva de la distancia C1.

Ángulo de deflexión (Grados)	Distancia C1 (m)
2°	4.887
4°	9.779
6°	14.719
8°	19.865

Elaborada por: La autora.

CÁLCULOS PARA EL REPLANTEO R2 Y Δ2:

Se realiza el mismo procedimiento para la siguiente curva circular simple.

Datos

R2: 45 m

Δ2: 41.33778 sexagesimales

Δ2: 0.721 rad

Tabla 67

Resultados de los parámetros de la segunda curva circular simple.

Cálculo de los parámetros de la segunda curva circular simple		
T	16.976	m
E	3.096	m
M	2.896	m
CL	31.767	m
LC	32.467	m
LC/2	16.233	m

Elaborada por: La autora.

Tabla 68

Valores para el replanteo de la curva.

Valores para el replanteo de la curva circular simple		
Angulo de deflexión PC	2	grados
Angulo de deflexión $\Delta 2$	0.721	rad
Angulo de deflexión PC	0.035	rad
C2	13.837	m
φ	0.00792	rad
y	0.110	m
X	13.837	m
T-X	3.140	m
C1	3.141	m

Elaborada por: La autora.

Resultados de los cálculos del replanteo de la curva circular con el menor radio.

Tabla 69

Resultados de las distancias C1 de la primera curva circular simple.

Ángulo de deflexión PC (Grados)	Distancia C1 (m)
------------------------------------	------------------

2°	3.141
4°	6.288
6°	9.473
8°	12.852

Elaborada por: La autora.

3.1.4.2.8 Conclusiones.

- En el diseño de las curvas circulares simples se verificó que el radio de diseño de la primera curva circular simple y de la segunda curva circular simple es mayor que el radio mínimo de curvas horizontales, concluyendo que cumple con la condición de diseño de acuerdo a la norma de diseño de carreteras MOP.
- El replanteo de la curva se realizó de forma correcta, cumpliendo con todos los parámetros de las curvas circulares simples, en el cual se concluyó que el punto común de curvatura (PCC) coincidió en la unión de las curvas circulares simples compuesta por diferentes radios, en el cual el replanteo de la curva se encuentra correctamente realizada en campo.

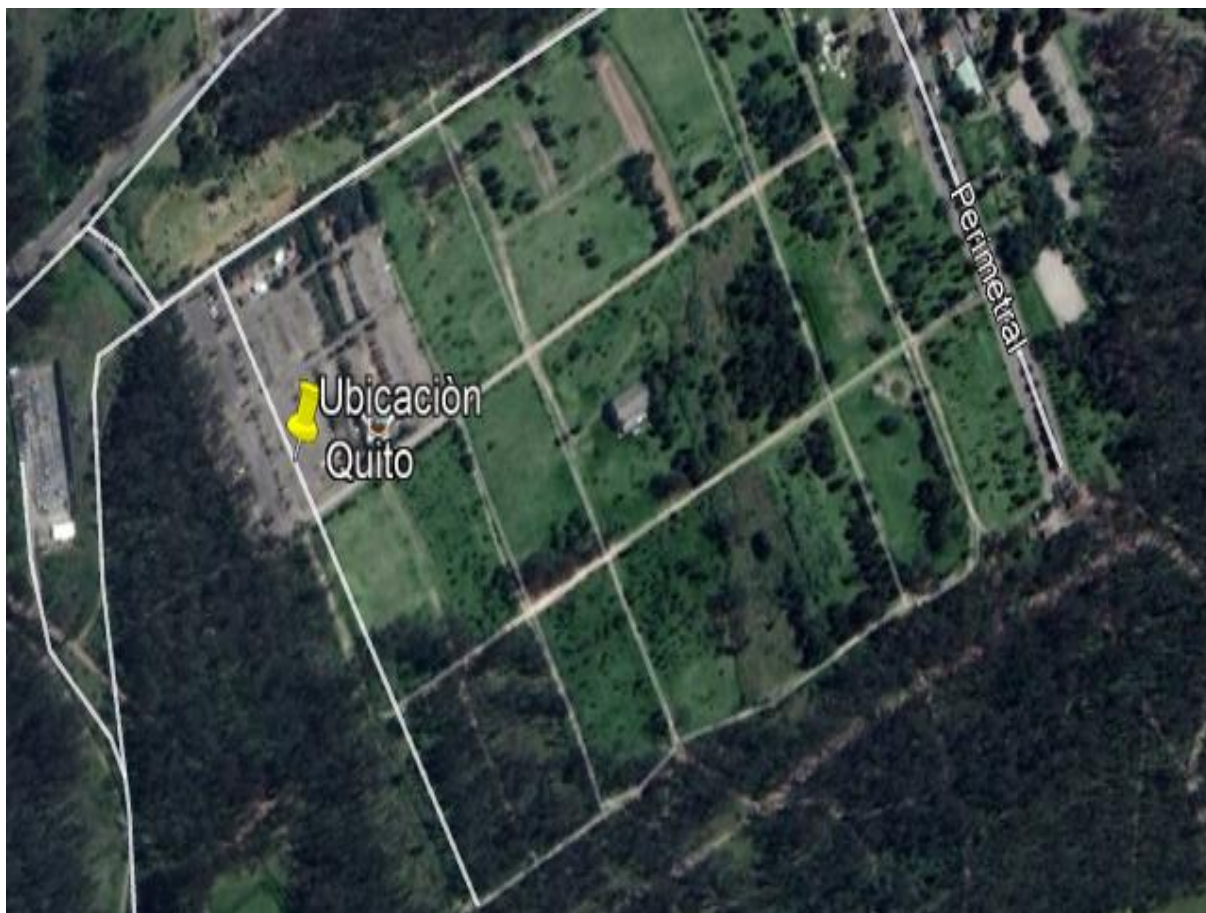
3.1.4.2.9 Recomendaciones.

- Se recomienda tener como mínimo 3 cadeneros para realizar esta práctica de replanteo de curva circular compuesta.
- Es necesario disponer de al menos 40 estacas para el replanteo de ambas curvas circulares simples, debido a que se debe materializar varios puntos; además de contar con dos cintas métricas para la alineación y medición de distancias entre dos puntos.
- Ubicarse en un terreno extenso y sin obstáculos, para que el estudiante tenga mayor facilidad en el momento de realizar la práctica.

3.1.4.2.10 Croquis.

Figura 465

Ubicación del replanteo de la curva circular compuesta por dos radios.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.5 Replanteo de curvas espirales.

3.1.5.1 Introducción.

En el presente informe se pretende dar a conocer la curva espiral y los elementos que la conforman, es el proceso para espiralizar las curvas de diseño en un plano horizontal para realizar una vía. El método a utilizar en la curva espiral es el de Euler, que es una curva de transición que permite generar un cambio gradual en la curvatura de la vía en el diseño horizontal que se encuentra conformado por alineamientos rectos conectados entre sí por curvas circulares. Las curvas espirales son diseñadas para el trazado de carreteras de alta velocidad ya que mejoran la operación de los vehículos y la comodidad al pasajero.

3.1.5.2 Objetivos.

1. Analizar el manual de diseño geométrico de carreteras y definir el más adaptable a las condiciones urbanas.
2. Establecer las condiciones geométricas de la curva espiral.
3. Realizar los cálculos de cada elemento que conforma la curva espiral para el replanteo de la curva en un plano horizontal.
4. Adquirir la habilidad necesaria para realizar el replanteo de una curva espiral simétrica.

3.1.5.3 Alcance.

La práctica se realiza fundamentalmente en la aplicación de los conocimientos adquiridos en el aula de clases, se interpretan criterios para el diseño de la curva de transición de acuerdo a la norma MOP, pues con ella se obtienen destrezas en el manejo de los equipos y en el trazado de curvas.

3.1.5.4 Fundamento teórico.

Velocidad de diseño

Es el elemento básico para el diseño geométrico de carreteras, es la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad.

Tabla 70

Valores mínimo recomendables de la longitud de la espiral.

Valores mínimo recomendables de la longitud de la espiral														
Vd (km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Rmin (m)	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le min (m)	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Fuente: Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

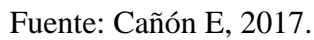
PERALTE

Es la pendiente transversal que se da en las curvas de un diseño de carreteras, se construye para compensar la fuerza centrífuga que hace que los vehículos salgan de la carretera.

SOBREANCHO

Cuando un vehículo circula por una curva, ocupa un ancho de camino mayor que en una tangente, debido a esta situación u a que es difícil para el conductor mantener el vehículo en el centro del carril, es necesario proporcionar un ancho adicional en las curvas, en relación con el ancho en tangente.

Representación del comportamiento del vehículo.



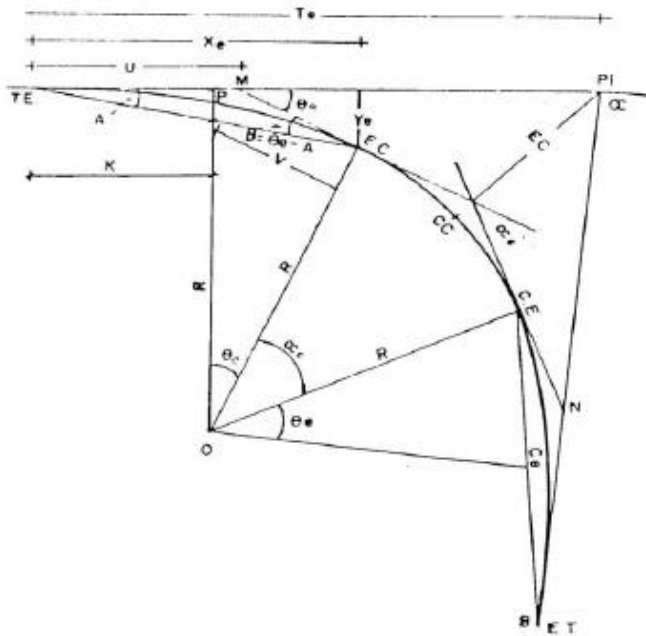
Son las curvas que generalmente su función es de proporcionar una transición o cambio gradual en la curvatura de la vía, desde un tramo recto hasta una curvatura de grado determinado o viceversa. Su principal función es de mejorar la operación de los vehículos y la comodidad de los pasajeros. Las características hacen que varíen de forma gradual y suave, creciente y decreciente, la fuerza centrífuga entre la recta y la curva circular o viceversa.

- En la unión de las tangentes forman un punto que las curvas de transición permiten un cambio gradual de curvatura desde cero.
- Facilita la comodidad de operación de los vehículos al permitir que la fuerza centrífuga varíe lentamente desde cero hasta su valor máximo o viceversa.
- Prevé suficiente longitud para efectuar la transición del peralte y el sobre ancho y para que en cada punto el peralte este de acuerdo con el grado de curvatura.

- Permite que los vehículos puedan transitar a mayor velocidad, con la seguridad y comodidad adecuada.
- Su uso tiende a disminuir la fuerza centrífuga y por tanto disminuir la incomodidad y el peligro en las curvas.
- Se permite conducir a una velocidad constante y uniforme en todo el recorrido de la vía.

Figura 467

Elementos de la curva espiral.



Fuente: Norma de diseño geométrico de carreteras, 2003.

Elementos de una curva espiral o de transición:

PI: punto de intersección de las alineaciones.

TE: punto de cambio de tangente a espiral.

EC: punto de cambio del arco espiral a circular.

CE: punto de cambio de circular a espiral.

Le: longitud de arco espiral

L: longitud desde el TE cualquier punto de la curva espiral.

θ_e : ángulo al centro de la espiral de longitud L_e .

θ : ángulo del centro del arco espiral de longitud L.

a: ángulo de desviación de la espiral en el TE, desde la tangente principal a un punto de la curva.

b: ángulo de desviación de la espiral en el EC, desde la tangente principal a un punto de la curva.

R_e : radio en cualquier punto de la espiral.

R: radio de la curvatura de arco circular.

α : ángulo de deflexión de las tangentes principales.

α_c : ángulo al centro del arco circular EC y CE.

X,Y: coordenadas rectangulares de cualquier punto de la espiral, con origen en TE y eje de abscisas de la tangente principal.

X_e, Y_e : coordenadas del EC.

Te: longitud de la tangente principal, distancia entre el PI y ET y entre PI y TE.

Ee: external del arco compuesta.

U: tangente larga de la espiral.

V: tangente corta de la espiral.

Ce: cuerda larga de la espiral.

K: abscisa del Pc desplazado medida desde TE.

Parámetro de la espiral:

$$A = \sqrt{L_e * R}$$

Radio en cualquier punto de la espiral:

$$R_e = R * L_e / L$$

Ángulo al centro de la espiral:

$$\delta e = \frac{Le}{2R} \text{ (rad)}$$

Ángulo al centro:

$$\theta e = \frac{90 * Le}{\pi * R} \text{ (rad)}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda larga en TE:

$$Ae = \frac{\theta e}{3} - \theta e * 8.3 \times 10^{-7}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda corta en CE:

$$B = \theta e - Ae$$

Coordenadas en EC:

$$Xe = Le \left(1 - \frac{\delta e^2}{10} + \frac{\delta e^4}{216} - \frac{\delta e^6}{9360} + \frac{\delta e^8}{685440} \right)$$

$$Ye = Le \left(\frac{\delta e}{3} - \frac{\delta e^3}{42} + \frac{\delta e^5}{1320} - \frac{\delta e^7}{75600} \right)$$

$$Tc = \frac{Ye}{\text{Sen}\theta e}$$

$$TL = Xe - \frac{Ye}{\text{Tan}\theta e}$$

Coordenadas de PC:

Retranqueo:

$$P = Ye - R(1 - \text{Cos}\theta e)$$

Abscisa del PC desplazado, medido desde TE:

$$K = Xe - R * \text{Sen}\theta e$$

$$Te = (R + P) * \text{Tan} \frac{\alpha}{2} + K$$

$$\alpha_c = \alpha - 2 * \theta e$$

$$Lc = \pi * R * \frac{\alpha_c}{180}$$

$$LT = \pi * R * \frac{\alpha}{180} + Le$$

3.1.5.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 468

Identificación de los equipos.



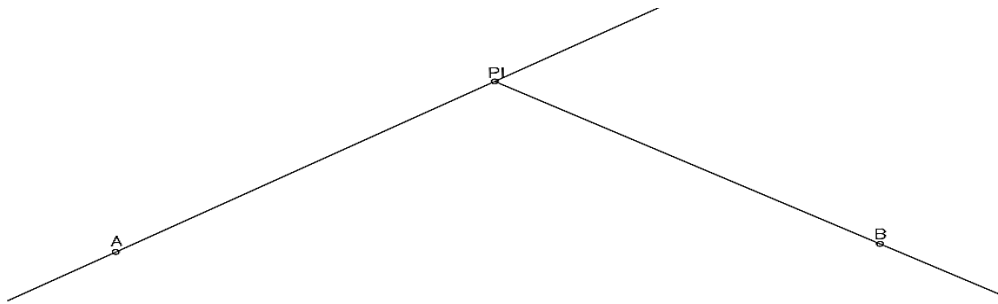
Elaborado por: La autora.

3.1.5.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno extenso y se coloca tres puntos materializados una de ellas será la intersección entre los dos puntos materializados representando el PI, en cada punto se colocará una estaca y se ubica un clavo en el centro de cara superior de la estaca (PI) con la ayuda de un combo, como se muestra en la imagen.

Figura 469

Representación de los puntos fijos.



Elaborado por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado PI, con visualización a los dos puntos A y B, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 470

Manipulación del trípode



Elaborado por: La autora.

3. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 471

Fijar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 472

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la

cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 473

Colocar el equipo y en la base del trípode.



Elaborado por: La autora.

6. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
7. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 474

Centrar el equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 475

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 476

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 477

Encender el equipo.



Elaborado por: La autora.

10. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el aparato, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

11. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido), se presiona Enter.

Figura 478

Punto de partida.



Elaborado por: La autora.

12. Mostrando la pestaña (Entr ESTAC), se nombra el punto donde se encuentra plantada la estación ST: PI y con una altura instrumental medida desde la cara superior de la estaca hasta el eje de referencia AI: 1.540 m, se presiona Enter. Indicando que digitemos las coordenadas N, E y Z, en el cual todas serán igual a cero debido a que las mediciones a realizar serán angulares y distancias horizontales, se presiona Enter.

Figura 479

Medición de altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

Figura 480

Digitar la altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

Figura 481

Coordenadas cero.



Elaborado por: La autora.

13. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angulo) y se presiona Enter.

Figura 482

Angulo de referencia.



Elaborado por: La autora.

14. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionara en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma; se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos indica

que digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.660 m), por último, se presiona Enter.

Figura 483

Medición de la altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

15. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto A, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces Enter, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 484

Angulo de referencia de 0°.



Elaborado por: La autora.

Figura 485

Guardar.



Elaborado por: La autora.

Figura 486

GrabDatsESTACIO!



Elaborado por: La autora.

Figura 487

GrabDatosCruDOS!



Elaborado por: La autora.

16. Mostrando en la pestaña un ángulo igual a $00^{\circ}00'00''$, se gira la estación total en sentido horario hasta visualizar al otro punto materializado B, se le comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado y se presiona (MSR 1). Mostrando un ángulo $\Delta AH=290^{\circ}53'34''$.

Figura 488

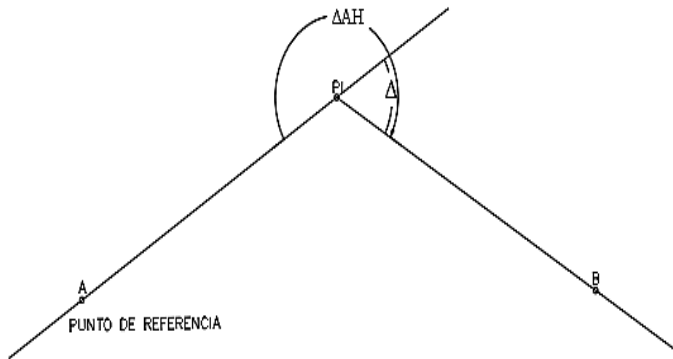
Angulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

Figura 489

Representación de la medición del ángulo deflexión.



Elaborado por: La autora.

Donde:

ΔAH : ángulo horizontal obtenido por la estación total.

$$\Delta = \Delta AH - 180^\circ$$

$$\Delta = 290^\circ 53' 34'' - 180^\circ$$

$$\Delta = 110^\circ 53' 34''$$

17. Con el ángulo de deflexión encontrado se introduce los datos en la hoja de cálculo (EXCEL), cumpliendo con las condiciones de diseño de acuerdo a la MOP para la curva circular compuesta será:

Datos

Clase tipo IV con un terreno ondulado absoluta.

Radio mínimo de curvas horizontales: 30 m

Longitud mínima del arco espiral: 52 m

Δ : $110^\circ 53' 34'' = 110.892778$ sexagesimales

R: 30 m

Le: 58 m

Nota: el radio de diseño es mayor igual al radio mínimo y la longitud del arco espiral es mayor a la longitud mínima del arco espiral, entonces cumple con las condiciones de diseño.

Resultados obtenidos a través de la hoja de cálculo:

Tabla 71

Parámetros de la curva espiral.

Parámetros de la curva espiral		
Te	78.375	m
Xe	52.718	m
Ye	17.600	m

Elaborado por: La autora.

18. Con la estación lista, se mide la tangente principal de la espiral T_e : 78.375 m visualizando al punto A, se le comunica al cadenero que se ubique con el prisma a 80 m aproximadamente en dirección a la alineación formada entre el PI y el punto A, se menciona que se mueva a la derecha o izquierda hasta ubicarse en la alineación se presiona MSR1 y dando como resultado 78.375 m se coloca una estaca con la ayuda de un combo en el que ese punto representara el T_e , de igual manera se gira la estación visualizando al punto B y se le comunica al cadenero que se coloque aproximadamente a 80 m, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza que el cadenero se encuentre en la alineación formada entre PI y el punto B, se mide la tangente espiral T_e : 78.375 m y se coloca la estaca materializando el punto, donde ese punto representara el ET de la curva espiral.

Figura 490

Distancia de Te.



Elaborado por: La autora.

19. Ubicado los puntos TE y ET de la curva espiral, se procede a medir las distancias X_e y X de los dos tangentes principales de la curva, con la ayuda de la cinta se mide la distancia horizontal desde el TE hasta el PI de X_e : 52.718 m, un cadenero se ubica en el punto TE con el inicio de la cinta y otro cadenero mide los 52.718 m, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza al punto que se encuentre correctamente alineado y se coloca la estaca con la ayuda de un combo materializando el punto M de igual manera se realiza el mismo procedimiento de medición desde el ET hasta el PI de X_e : 52.718 m, se verificara que se encuentre el punto en la alineación formada entre ambos puntos ET y PI, se coloca una estaca materializando el punto N.

Figura 491

Alineación al PI.



Elaborado por: La autora.

20. Se procede a ubicar la estación en el punto materializado TE, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 7, con un ángulo de referencia $00^{\circ}00'00''$ al PI. Se procede a medir las coordenadas en X desde el punto TE, el cadenero coloca la cinta en el centro del punto TE y mide X1: 9.999 m en dirección al PI, con la estación referenciada se observa por el telescopio que el cadenero coloque la estaca en la alineación formada por TE y PI, ya correctamente ubicado se coloca la estaca con la ayuda de un combo y materializa el punto X1. Después se estira la cinta y se procede a medir X2: 19.974 m y visualizar que se encuentre correctamente alineado; consecuentemente se realiza los mismo para X3, X4 y X5, los datos se extraen de la hoja Excel.

Tabla 72

Resultados de las coordenadas X Y.

Le (m)	X (m)	Y (m)
10	9.999	0.095
20	19.974	0.766
30	29.799	2.574
40	39.163	6.037
50	47.480	11.525

Elaborado por: La autora.

Figura 492

Medición de la distancia X1 de 9.999 m.



Figura 493

Medición de la distancia X2 de 19.974 m.



Figura 494

Medición de la distancia X3 de 29.799 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 495

Medición de la distancia X4 de 39.163 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 496

Medición de la distancia X5 de 47.480 m.



Elaborado por: La autora.

21. Se mueve el equipo al punto X1 materializado y se procede a la planta del equipo siguiendo los pasos del literal 2 hasta el literal 19; con un ángulo de referencia de $00^{\circ}00'00''$ al punto PI, con una altura instrumental de AI: 1.54 m y una altura del observador de AO: 1.660 m. Se gira la estación hasta un ángulo de $90^{\circ}00'00''$ y se ajusta con el tornillo tangencial, el cadenero coloca el inicio de la cinta en el centro de la estaca y estira hasta Y1: 0.095 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre en la alineación de los 90° y se materializa el punto Y1: 0.095 m.

22. Se vuelve a mover el equipo y se ubica en el punto X2 materializado y se procede a realizar el mismo paso mencionado en el literal 29, pero con una distancia de Y2: 0.766 m; así sucesivamente para el resto de puntos mencionados en el literal 28.

Figura 497

Medición de la distancia 1 de 0.095 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 498

Medición de la distancia Y2 de 0.766 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 499

Medición de la distancia Y3 de 2.574



Elaborado por: La autora.

Figura 500

Medición de la distancia Y4 de 6.037 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 501

Medición de la distancia Y5 de 11.525 m.



Elaborado por: La autora.

23. Por último, se ubica en el punto M y se realiza el mismo paso mencionado en el literal 29 con la distancia Y_e : 17.600 m y se materializa el punto EC.

Figura 502

Medición de la distancia Y_e .



Elaborado por: La autora.

24. Se procede a ubicarse en el punto ET y se realiza ellos mismos pasos mencionados en el literal 28, 29, y 30. Finalmente se ubica en el punto N y se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 31.
25. Se verifica si el replanteo de la curva esta correctamente realizado si el ángulo al centro del arco circular da igual en campo α_c : $0^\circ 07' 15''$. Con la ayuda de dos cintas se estira ambas cintas 30 m que es el radio de diseño, hasta que se realice la intersección de las dos cintas se coloca materializa el punto, se ubica la estación total se centra y se nivela correctamente como se menciona en el literal 2 hasta el literal 14 con el ángulo de referencia igual a $00^\circ 00' 00''$ alineado al punto EC, se gira la estación total en sentido horario hasta visualizar al punto CE y se presiona MSR1 mostrando como resultado $00^\circ 07' 15''$ y se mide la distancia entre el punto CE y EC dando como resultado 0.063 m. Si cumple esta verificación angular significa que el replanto de la curva espiral se encuentra correctamente realizada y se enrolla las estacas con cinta amarilla para poder visualizar los resultados realizados.

Figura 503

Medición de la distancia 0.063 m



Elaborado por: La autora.

Figura 504

Alineación.



Elaborado por: La autora.

3.1.5.7 Cálculos.

Datos

Rmin: 30 m

R: 30 m

α : 110.892 sexagesimales

Lemin: 52 m

Le: 58 m

Cálculos de los elementos que conforman la curva espiral.

Parámetro de la espiral:

$$A = \sqrt{Le * R}$$

$$A = \sqrt{58 * 30}$$

$$A = 41.713$$

Ángulo al centro de la espiral:

$$\delta e = \frac{Le}{2R} \text{ (rad)}$$

$$\delta e = \frac{58}{2 * 30}$$

$$\delta e = 0.967 \text{ rad}$$

Ángulo al centro:

$$\theta e = \frac{90 * Le}{\pi * R}$$

$$\theta e = \frac{90 * 58}{\pi * 30}$$

$$\theta e = 55.386 \text{ rad}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda larga en TE:

$$Ae = \frac{\theta e}{3} - \theta e * 8.3 \times 10^{-7}$$

$$Ae = \frac{\theta e}{3} - \theta e * 8.3 \times 10^{-7}$$

$$Ae = \frac{55.386}{3} - 55.386 * 8.3 \times 10^{-7}$$

$$Ae = 18.462$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda corta en CE:

$$B = \theta e - Ae$$

$$B = 55.386 - 18.462$$

$$B = 36.924$$

Coordenadas en EC:

$$CL = Le * \cos(0.3 * \theta e)$$

$$CL = 58 * \cos(0.3 * 55.386)$$

$$CL = 55.578 \text{ m}$$

Cálculo de coordenadas:

$$Xe = CL * \cos \theta e$$

$$Xe = 55.578 * \cos(55.386)$$

$$Xe = 52.718 \text{ m}$$

$$Ye = CL * \sin \theta e$$

$$Ye = 55.578 * \sin(55.386)$$

$$Ye = 17.600 \text{ m}$$

$$P = \frac{Le^2}{24 * R}$$

$$P = \frac{58^2}{24 * 30}$$

$$P = 4.672 \text{ m}$$

$$K = Xe - R * Sen\theta e$$

$$K = 52.718 - 30 * Sen(55.386)$$

$$K = 28.028 \text{ m}$$

$$Te = (R + P) * Tan\frac{\alpha}{2} + K$$

$$Te = (30 + 4.672) * Tan\frac{110.893}{2} + 28.028$$

$$Te = 78.375 \text{ m}$$

$$Te = (R + P) * Tan\frac{\alpha}{2} + K$$

$$Tc = \frac{Ye}{Sen\theta e}$$

$$Tc = \frac{17.600}{Sen(55.386)}$$

$$Tc = 21.386 \text{ m}$$

$$TL = Xe - \frac{Ye}{Tan\theta e}$$

$$TL = 52.718 - \frac{17.600}{Tan(55.386)}$$

$$TL = 40.570 \text{ m}$$

$$\alpha c = \alpha - 2 * \theta e$$

$$\alpha c = 110.893 - 2 * 55.386$$

$$\alpha c = 0.121 \text{ rad}$$

$$\alpha c = 00^{\circ}07'15''$$

$$Lc = \pi * R * \frac{\alpha c}{180}$$

$$Lc = \pi * 30 * \frac{0.121}{180}$$

$$Lc = 0.063 \text{ m}$$

Cálculo de coordenadas de la curva espiral:

Le1: 10 m

$$\theta e1 = (Le1/Le)^2 * \theta e$$

$$\theta e1 = \left(10/58\right)^2 * 55.386$$

$$\theta e1 = 1.646 \text{ sexagesimales}$$

$$\theta e1 = \frac{\theta e1 * \pi}{180}$$

$$\theta e1 = \frac{1.646 * \pi}{180}$$

$$\theta e1 = 0.028 \text{ rad}$$

$$X1 = Le1 * \left(1 - \frac{\theta e1^2}{10} + \frac{\theta e1^4}{216} - \frac{\theta e1^6}{9360} + \frac{\theta e1^8}{685440}\right)$$

$$X1 = 10 * \left(1 - \frac{0.028^2}{10} + \frac{0.028^4}{216} - \frac{0.028^6}{9360} + \frac{0.028^8}{685440}\right)$$

$$X1 = 9.999 \text{ m}$$

$$Y1 = Le1 * \left(\frac{\theta e1}{3} - \frac{\theta e1^3}{42} + \frac{\theta e1^5}{1320} - \frac{\theta e1^7}{75600}\right)$$

$$Y1 = 10 * \left(\frac{0.028}{3} - \frac{0.028^3}{42} + \frac{0.028^5}{1320} - \frac{0.028^7}{75600}\right)$$

$$Y1 = 0.095 \text{ m}$$

De igual manera se realiza los cálculos para 20, 30, 40 y 50 m.

Tabla 73*Resultado de las coordenadas X Y.*

Le (m)	X (m)	Y (m)
10	9.999	0.095
20	19.974	0.766
30	29.799	2.574
40	39.163	6.037
50	47.480	11.525

Elaborado por: La autora.

3.1.5.8 Conclusiones.

- Se concluye que la curva de transición es una de la curva que permite que el viaje sea más cómodo para los pasajeros y más segura; es la más común en diseño de carreteras, por lo que se logran identificar todos los elementos que conforman la curva espiral o de transición.
- El diseño de la curva espiral proporciona una trayectoria natural y fácil de continuar para el conductor, de tal manera que la fuerza centrífuga crece o decrece gradualmente, debido a que el vehículo entra o sale de la curva horizontal.
- Se verificó que el replanteo se realizó de forma correcta, dando como resultado el ángulo al centro del arco circular de $00^{\circ}07'15''$ en los cálculos realizados y en el replanteo en campo.

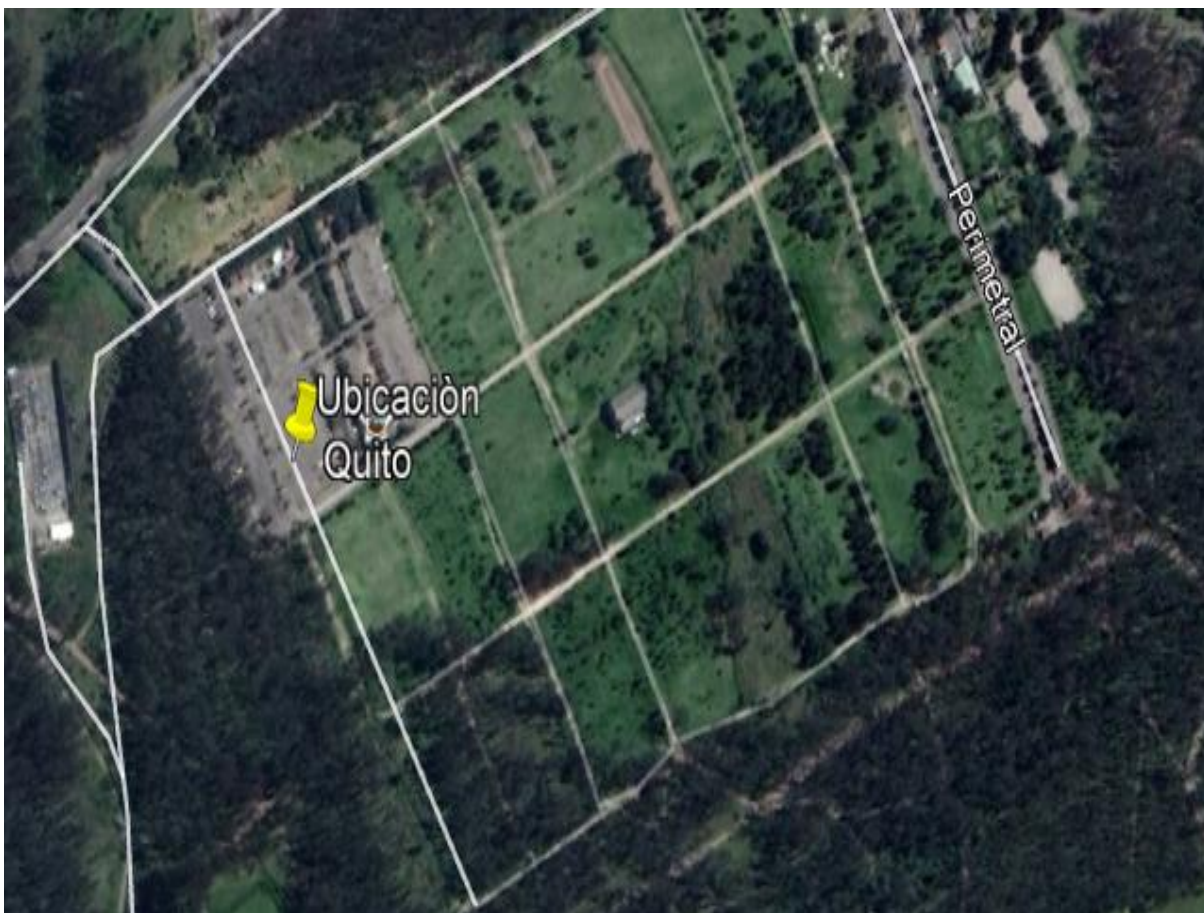
3.1.5.9 Recomendaciones.

- En la práctica es necesario contar con al menos 3 cadeneros para el replanteo de la curva espiral.
- No es recomendable realizar la práctica cuando existe demasiado viento, debido que al momento de las mediciones con cinta no son tan precisas por que el viento mantiene en movimiento la cinta.
- Al momento de colocar las estacas verificar que se encuentre correctamente firmes para el replanteo de la curva espiral.

3.1.5.10 Croquis.

Figura 505

Ubicación del replanteo de la curva espiral.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.6 Replanteo de curva espiral – circular – espiral.

3.1.6.1 Introducción.

El diseño de carreteras cumple con la norma vigente de diseño geométrico, que es la base fundamental en el desarrollo de un proyecto vial. La práctica consiste en replantear la curva circular-espiral, con los conocimientos e interpretaciones de los conceptos básicos de la curva circular simple y de la curva espiral, generando más destreza en su ejecución del replanteo en campo cumpliendo con las condiciones de seguridad y comodidad. En el presente informe se realizan los cálculos detallados de cada elemento que conforma la curva espiral-circular-espiral con el fin de que el estudiante entienda e interprete sus resultados, generando un alto grado de aprendizaje y agilidad en el manejo de los equipos.

3.1.6.2 Objetivos.

1. Obtener el ángulo de deflexión en campo de la curva espiral-circular-espiral.
2. Diseñar la curva espiral-circular-espiral de acuerdo a la norma de diseño geométrico MOP.
3. Calcular los elementos que conforman la curva espiral-circular-circular.
4. Replantear la curva espiral-circular-espiral.

3.1.6.3 Alcance.

La presente practica se ejecuta con el objetivo de afianzar los conocimientos adquiridos en clases de la curva espiral-circular-espiral, determinar sus elementos que intervienen en la curva e interpretar sus resultados, debido a que estos conocimientos adquiridos son nuestra guía en la solución de problemas viales en la ejecución de un proyecto vial.

3.1.6.4 Fundamento teórico.

Curva espiral-circular-espiral

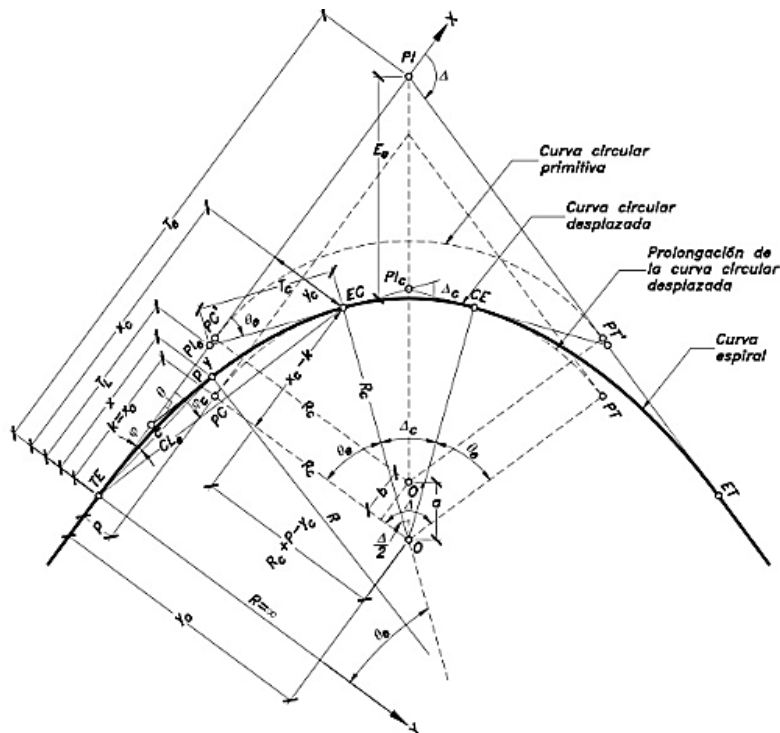
Se representará por dos alineaciones rectas de ingreso y salida de la curva, se conectará una curva espiral, una curva circular simple y una curva espiral.

Las curvas espirales serán simétricas debido a que tendrán la misma longitud, con el objetivo de una operación vehicular gradual balanceada, generando seguridad al vehículo y al usuario. Los vehículos por lo general cambian de dirección acorde con la curvatura, con una sección transversal inclinada en forma uniforme siguiendo los peraltes y ampliaciones necesarias.

Para el diseño de la curva circular simple, trabaja en conjunto con el R_c y el ángulo de deflexión θ_c obtenido mediante los cálculos de los elementos de la curva espiral.

Figura 506

Elementos que conforman la curva espiral-circular-espiral.



Fuente: MOP, 2003.

PC, PT = Principios de curva y tangente en la prolongación de la curva circular desplazada.

TE = Tangente-Espiral. Punto donde termina la tangente de entrada y empieza la espiral de entrada.

EC = Espiral-Circular. Punto donde termina la espiral de entrada y empieza la curva circular central.

CE = Circular-Espiral. Punto donde termina la curva circular central y empieza la espiral de salida.

ET = Espiral-Tangente. Punto donde termina la espiral de salida y empieza la tangente de salida.

P = Punto cualquiera sobre el arco de espiral.

O' = Centro de la curva circular primitiva (sin transiciones).

O = Nuevo centro de la curva circular (con transiciones).

Δ : Ángulo de deflexión entre las tangentes principales.

Θ_e = Ángulo de la espiral. Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el EC .

Δ_c = Ángulo central de la curva circular con transiciones.

Θ = Ángulo de deflexión principal del punto P . Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la tangente en el punto P .

φ : Deflexión correspondiente al punto P . Ángulo entre la tangente a la espiral en el TE y la cuerda c' .

φ_c = Deflexión correspondiente al EC , o ángulo de la cuerda larga de la espiral.

R = Radio de curvatura de la espiral en el punto P .

R_c = Radio de la curva circular central.

Te = Tangente de la curva espiral-circular-espiral. Distancia desde el PI al TE y del PI al ET .

TL = Tangente larga de la espiral.

TC = Tangente corta de la espiral.

C' = Cuerda de la espiral para el punto P .

Cle = Cuerda larga de la espiral.

Le = Longitud total de la espiral. Distancia desde el TE al EC .

L = Longitud de la espiral, desde el TE hasta el punto P .

p = Desplazamiento (disloque o retranqueo). Distancia entre la tangente a la prolongación de la curva circular desplazada al PC y la tangente a la curva espiralizada.

K = Distancia a lo largo de la tangente, desde el TE hasta el PC desplazado.

A = Desplazamiento del centro. Distancia desde O' hasta O .

b = Proyección de a sobre el eje X .

Ee = Externa de la curva espiral-circular-espiral.

X, y = Coordenadas cartesianas del punto P .

xc, yc = Coordenadas cartesianas del EC .

K, p = Coordenadas cartesianas del PC desplazado.

Xo, yo = Coordenadas cartesianas del centro de la curva circular con transiciones.

Radio en cualquier punto de la espiral:

$$Re = R * Le / L$$

Ángulo al centro de la espiral:

$$\delta e = \frac{Le}{2R} \text{ (rad)}$$

Ángulo al centro:

$$\theta e = \frac{90 * Le}{\pi * R} \text{ (rad)}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda larga en TE :

$$Ae = \frac{\theta e}{3} - \theta e * 8.3 \times 10^{-7}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda corta en CE:

$$B = \theta e - Ae$$

Coordenadas en EC:

$$Xe = Le(1 - \frac{\delta e^2}{10} + \frac{\delta e^4}{216} - \frac{\delta e^6}{9360} + \frac{\delta e^8}{685440})$$

$$Ye = Le(\frac{\delta e}{3} - \frac{\delta e^3}{42} + \frac{\delta e^5}{1320} - \frac{\delta e^7}{75600})$$

$$Tc = \frac{Ye}{\text{Sen}\theta e}$$

$$TL = Xe - \frac{Ye}{\text{Tan}\theta e}$$

Coordenadas de PC:

Retranqueo:

$$P = Ye - R(1 - \text{Cos}\theta e)$$

Abscisa del PC desplazado, medido desde TE:

$$K = Xe - R * \text{Sen}\theta e$$

$$Te = (R + P) * \text{Tan}\frac{\alpha}{2} + K$$

$$\alpha_c = \alpha - 2 * \theta e$$

$$Lc = \pi * R * \frac{\alpha_c}{180}$$

$$LT = \pi * R * \frac{\alpha}{180} + Le$$

3.1.6.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 507

Identificación de los equipos.



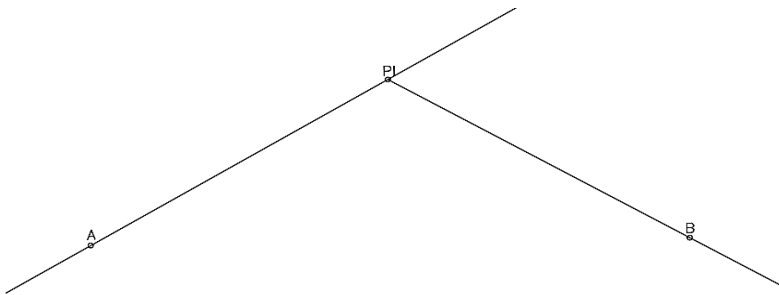
Elaborado por: La autora.

3.1.6.6 Procedimiento.

1. Se ubica en un terreno extenso y se coloca tres puntos materializados una de ellas será la intersección entre los dos puntos materializados representando el PI, en cada punto se colocará una estaca y se ubica un clavo en el centro de cara superior de la estaca (PI) con la ayuda de un combo, como se muestra en la imagen.

Figura 508

Representación de los puntos fijos.



Elaborado por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado PI, con visualización a los dos puntos A y B, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 509

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 510

Fijar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 511

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la

cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 512

Colocación del equipo en la base del trípode.



Elaborado por: La autora.

6. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
7. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 513

Centrado del equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 514

Identificación de los tornillos de nivelación.



Fuente: Guía del usuario de la estación total Spectra Precision serie Focus 2, 2014.

Figura 515

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 516

Encender el equipo.



Elaborado por: La autora.

10. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

11. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede a abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido), se presiona Enter.

Figura 517

Punto de partida.



Elaborado por: La autora.

12. Mostrando la pestaña (Entr ESTAC), se nombra el punto donde se encuentra plantada la estación ST: PI y con una altura instrumental medida desde la cara superior de la estaca hasta el eje de referencia AI: 1.570 m, se presiona Enter. Indicando que digitemos las coordenadas N, E y Z, en el cual todas serán igual a cero debido a que las mediciones a realizar serán angulares y distancias horizontales, se presiona Enter.

Figura 518

Medición de la altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

13. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (€) y se presiona Enter.

Figura 519

Angulo de referencia.



Elaborado por: La autora.

14. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionará en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma; se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos que

digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.770 m), por último, se presiona Enter.

Figura 520

Medición de la altura del prisma.

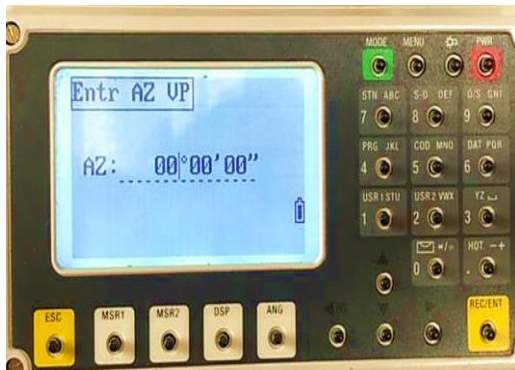


Elaborado por: La autora.

15. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto A, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces Enter, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 521

Angulo de referencia igual a cero.



Elaborado por: La autora.

Figura 522

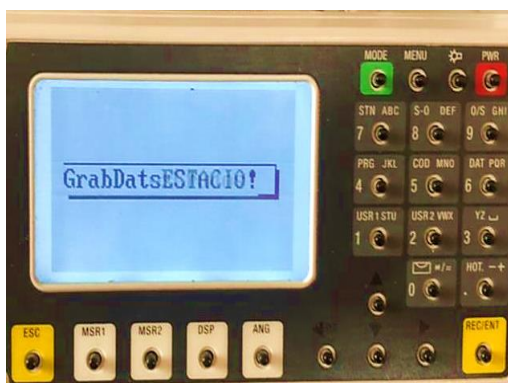
Guardar.



Elaborado por: La autora.

Figura 523

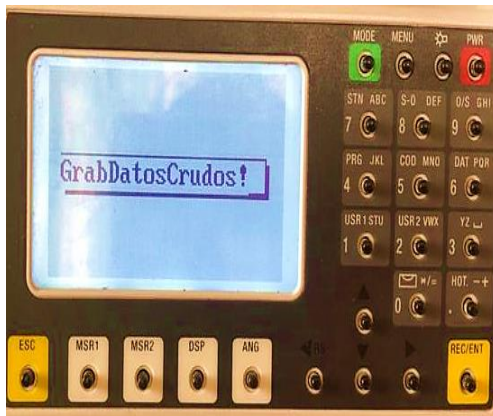
GrabDatsESTACIO!



Elaborado por: La autora.

Figura 524

GrabDatosCrudos!

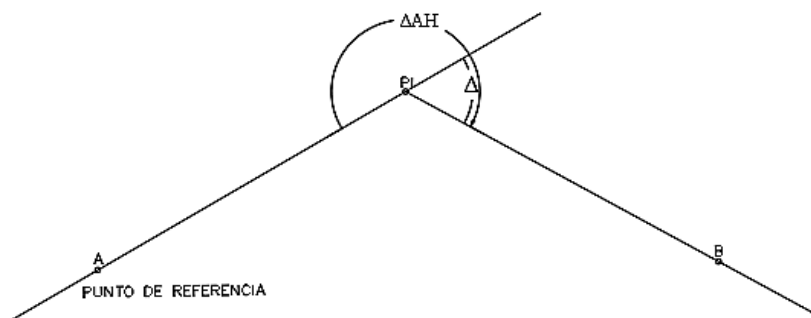


Elaborado por: La autora.

16. Mostrando en la pestaña un ángulo igual a $00^{\circ}00'00''$, se gira la estación total en sentido horario hasta visualizar al otro punto materializado B, se le comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado, se presiona (MSR 1) y ESC. Mostrando un ángulo $\Delta AH = 285^{\circ}10'30''$.

Figura 525

Representación del ángulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

Figura 526

Angulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

Donde:

ΔAH : ángulo horizontal obtenido por la estación total.

$$\Delta = \Delta AH - 180^\circ$$

$$\Delta = 285^\circ 10' 30'' - 180^\circ$$

$$\Delta = 105^\circ 10' 30''$$

17. Con el ángulo de deflexión encontrado en campo se introduce los datos en la hoja de cálculo de la curva espiral (EXCEL), cumpliendo con las condiciones de diseño de acuerdo a la MOP:

Datos

Clase tipo IV con un terreno ondulado absoluta.

Radio mínimo de curvas horizontales: 30 m

Longitud mínima del arco espiral: 52 m

Δ : $105^\circ 10' 30'' = 105.175$ sexagesimales

R: 57 m

Le: 52 m

Nota: el radio de diseño es mayor igual al radio mínimo y la longitud del arco espiral es mayor a la longitud mínima del arco espiral, entonces cumple con las condiciones de diseño.

Resultados obtenidos a través de la hoja de cálculo de la curva espiral:

Tabla 74

Parámetros de la curva espiral.

Parámetros de la curva espiral		
Te	102.915	m
Xe	52.718	m
Ye	17.600	m
TL	35.017	m
Tc	17.713	m

Fuente: Propia.

18. Con la estación lista, se mide la tangente principal de la espiral Te: 102.915 m visualizando al punto A, se le comunica al cadenero que se ubique con el prisma a 105 m aproximadamente en dirección a la alineación formada entre el PI y el punto A, se menciona que se mueva a la derecha o izquierda hasta ubicarse en la alineación se presiona MSR1 y dando como resultado 102.915 m se coloca una estaca con la ayuda de un combo en el que ese punto representara el PC1, de igual manera se gira la estación visualizando al punto B y se le comunica al cadenero que se coloque aproximadamente a 105 m, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza que el cadenero se encuentre en la alineación formada entre PI y el punto B, se mide la tangente espiral Te: 102.915 m y se coloca la estaca materializando el punto que representara el PT2 de la curva espiral-circular-espiral.

Figura 527

Distancia de la tangente espiral T_e .



Elaborado por: La autora.

Figura 528

Distancia de la tangente espiral y el ángulo de deflexión.



Elaborado por: La autora.

19. Ubicado los puntos PC1 y PT2 de la curva espiral-circular-espiral, se procede a medir las distancias X_e : 50.920 m de las dos tangentes principales de la curva, con la ayuda del prisma se mide la distancia horizontal desde el PI hasta el PC1 de 52.000 m, un cadenero se ubica en la alineación aproximadamente, con la ayuda del telescopio de la estación se visualiza el prisma que se encuentre correctamente alineado y se presiona MSR1 y ESC hasta que muestre en la distancia horizontal SD:52.000 m, se coloca una estaca con la ayuda de un combo se materializando el punto M quedando restante X_e : 50.920 m, de igual manera se realiza el mismo

procedimiento de medición desde el PI hasta el PT2 de 52.000 m, se verificara con el telescopio del equipo que se encuentre el punto en la alineación formada entre el PI y PT2, se presiona MSR1 y ESC hasta que SD: 52.000 m y se coloca una estaca materializando el punto N (NOTA: mencionar al cadenero que mantenga aplomado el prisma cada que se ubique en un punto).

Figura 529

Distancia SD.



Elaborado por: La autora.

20. Se procede a ubicar la estación en el punto materializado PC1, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 7, con un ángulo de referencia $00^{\circ}00'00''$ al PI. Se procede a medir la distancia larga de la tangente TL: 35.017 m, el cadenero coloca la cinta en el centro de la estaca del punto PC1 y mide TL: 35.017 m en dirección al PI, con la estación referenciada se observa por el telescopio que el cadenero coloque la estaca en la alineación formada por PC1 y PI, ya correctamente ubicado se coloca la estaca con la ayuda de un combo y materializa el punto C. A continuación se procede a medir la distancia de las coordenadas X1: 9.999 m desde el Pc1 hasta los 9.999 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre el punto en la alineación y se coloca la estaca con la ayuda del combo materializando el punto, de igual manera se realiza para las coordenadas restantes de medir X2: 19.991 m,

visualizar que se encuentre correctamente alineado y correspondientemente se materializa los puntos; sucesivamente se realiza el mismo paso para X3, X4 y X5, los datos se extraen de la hoja Excel.

Tabla 75

Coordenadas X Y.

Le (m)	X (m)	Y (m)
10	9.999	0.056
20	19.991	0.449
30	29.931	1.516
40	39.710	3.580
50	49.118	6.939

Elaborado por: La autora.

Figura 530

Alineación.



Elaborado por: La autora.

Figura 531

Distancia de la tangente larga TL.



Elaborado por: La autora.

Figura 532

Medición de la distancia X1 de 9.999 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 533

Medición de la distancia X2 de 19.991 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 534

Medición de la distancia X3 de 29.931 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 535

Medición de la distancia X4 de 39.710 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 536

Medición de la distancia X5 de 49.118 m.



Elaborado por: La autora.

21. Se mueve el equipo al punto X1 materializado, se procede a la plantada del equipo siguiendo los pasos del literal 2 hasta el literal 19; con un ángulo de referencia de $00^{\circ}00'00''$ al punto PI, con una altura instrumental de AI: 1.54 m y una altura del observador de AO: 1.7760 m. Se gira la estación hasta un ángulo de $90^{\circ}00'00''$ y se ajusta con el tornillo tangencial horizontal, el cadenero coloca el inicio de la cinta en el centro de la estaca y estira hasta Y1: 0.056 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre en la alineación de los $90^{\circ}00'00''$ y se materializa el punto Y1: 0.056 m.

Figura 537

Ángulo a 90° .



Elaborado por: La autora.

Figura 538

Medición de la distancia Y1 de 0.056 m.



Elaborado por: La autora.

22. Se vuelve a mover el equipo y se ubica en el punto X2 materializado y se procede a realizar el mismo paso mencionado en el literal 21, pero con una distancia de Y2: 0.449 m; así sucesivamente para el resto de puntos mencionados en el literal 20.

Figura 539

Medición de la distancia Y2 de 0.449 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 540

Medición de la distancia Y3 de 1.516 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 541

Medición de la distancia Y4 de 3.580 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 542

Medición de la distancia Y5 de 6.939 m.



Elaborado por: La autora.

23. De igual manera se ubica en el punto M y se realiza el mismo paso mencionado en el literal 21 con la distancia Y_e: 7.802 m y se materializa el punto PT1, ubicado el punto PT1 se procede a verificar que el replanteo de la curva espiral se va realizando correctamente, se ubica el cadenero en el punto C con la cinta en el centro de la estaca y el siguiente cadenero estira la cinta hasta el punto PT1, donde debe dar como resultando la distancia T_c: 17.715 m, si da la misma distancia significa que el replanteo de la curva se está realizando correctamente.

Figura 543

Distancia Ye de 7.600 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 544

Resultado de la distancia Tc de 17.715 m.



Elaborado por: La autora.

24. Se procede a ubicarse en el punto PT2 y se realiza los mismos pasos mencionados en el literal 20, 21 y 22, representando el punto D de la medición TL: 35.017 m. Finalmente se ubica en el punto N y se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 23 materializando el punto PC2 que es la distancia Ye: 7.802 m. Se verifica la distancia Tc: 17.713 m medida desde el punto D hasta el PC2, lo que significa que el replanteo de la curva va cumpliendo sus parámetros de medición.

25. Se ubica el equipo en el punto C, se realiza los pasos mencionado en el litera 2 al 8, se visualiza por el telescopio de la estación al punto materializado PT1 y se ajusta el tornillo tangencial horizontal de la estación total, se le comunica al cadenero que se ubique aproximadamente unos 25m entre la alineación que se forme, se ubica el prisma en la alineación y se coloca una estaca materializando el punto, con ayuda de la cinta amarilla se enrolla en los dos puntos formados generando una tangente. Se procede a ubicar la estación total en el punto D y de igual manera se visualiza al punto PC2, se ajusta el tornillo tangencial horizontal y se le comunica al cadenero que se ubique aproximadamente a 25 m, se visualiza con el telescopio que el prisma se encuentre en la alineación, ubicado correctamente se materializa el punto y con la ayuda de la cinta amarilla se enrolla entre ambos puntos materializado formando otra tangente, en el cual su intersección representara el PI1 de la curva circular simple y se materializa el punto con la ayuda de una estaca.

Figura 545

Representación del punto PII.



Elaborado por: La autora.

26. Finalmente se procede a realizar los cálculos de curva circular simple, con la hoja de cálculo de la curva simple, con los datos de diseño obtenidos en la curva espiral:

Datos:

R:57 m y Δ : 52.905 sexagesimales

Introducción los datos en la hoja de cálculo da como resultado:

Tabla 76

Resultado de los parámetros de la curva simple.

Cálculo de los parámetros de la curva circular simple		
T	28.360	m
E	6.666	m
M	5.968	m
CL	50.782	m
LC	52.632	m
LC/2	26.316	m

Elaborado por: La autora.

27. Con los datos obtenidos se procede a calcular la distancia C1 de la curva simple con ángulos de deflexión de 2°, 4°, 6°, 8°, 10° y 12°, resultados obtenidos de la hoja de cálculo.

Tabla 77

Resultado de distancia C1.

Ángulo de deflexión EC (Grados)	Distancia C1 (m)
2°00'00"	3.979
4°00'00"	7.961
6°00'00"	11.968
8°00'00"	16.068
10°00'00"	20.456
12°00'00"	25.726

Elaborado por: La autora.

28. Se procede a ubicar la estación en el punto materializado PT1, se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 hasta el literal 8. Indicando el inicio de la curva simple conocido como tangente de entrada. Se visualiza con la estación total el punto PI1 y se ajusta el tornillo tangencial horizontal con la referencia al punto mencionado, se enciende el equipo, se formatea de igual manera que en el literal 9 hasta el literal 15, con una altura del instrumental

de 1.560 m y altura del prisma 1.920 m; teniendo como alineación al punto PI1 con el ángulo de referencia de $00^{\circ}00'00''$, mostrando en la pantalla que la estación total esta correctamente georreferenciada con un ángulo de $00^{\circ}00'00''$. Se comienza a materializar los puntos C2 de la curva circular simple con los datos obtenidos a través de la hoja de cálculos, se gira la estación total hasta un ángulo de $2^{\circ}00'00''$ y se ajusta el tornillo tangencial horizontal, el cadenero tiene la cinta desde cero en el centro de la estaca y se estira hasta 3.979 m, se visualiza que el cadenero este ubicado en la alineación y ya ubicado correctamente se materializa el punto con la medición de 3.979 m.

Figura 546

Medición de C1 de 3.979 m.



Elaborado por: La autora.

29. Ubicado el primer punto se procede a ubicar los siguientes puntos ahora con un ángulo de $4^{\circ}00'00''$ a una distancia de 7.961 m, se gira la estación hasta el ángulo mencionado y se ajusta el tornillo tangencial, el cadenero ubicado en el punto PT1 mantiene la cinta fijamente en el centro de la estaca y se estira hasta 7.961 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre en la alineación y ubicado correctamente se materializa el punto. De igual manera se realiza el mismo paso ya mencionado para los siguientes ángulos de $6^{\circ}00'00''$ con una distancia de

11.968 m, $8^{\circ}00'00''$ con una distancia de 16.068 m, $10^{\circ}00'00''$ con una distancia de 20.456 m y $12^{\circ}00'00''$ con una distancia de 25.726 m.

Figura 547

Medición de C1 de 7.961 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 548

Medición de C1 de 11.968 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 549

Medición de C1 de 16.068 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 550

Medición de C1 de 20.456 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 551

Medición de C1 de 25.726 m.



Elaborado por: La autora.

30. Por último, se ubica en el punto PC2 y se realiza el mismo procedimiento del literal 28 y 29, ahora teniendo en cuenta que se resta los $2^{\circ}00'00''$ debido que se referencia al PI1 y la estación mide en sentido horario, entonces los ángulos de medición serían $358^{\circ}00'00''$ con una distancia de 3.979 m, las distancias horizontales se mantienen y así sucesivamente se realiza el replanteo de la curva circular simple.

Tabla 78

Resultado de las distancias C1.

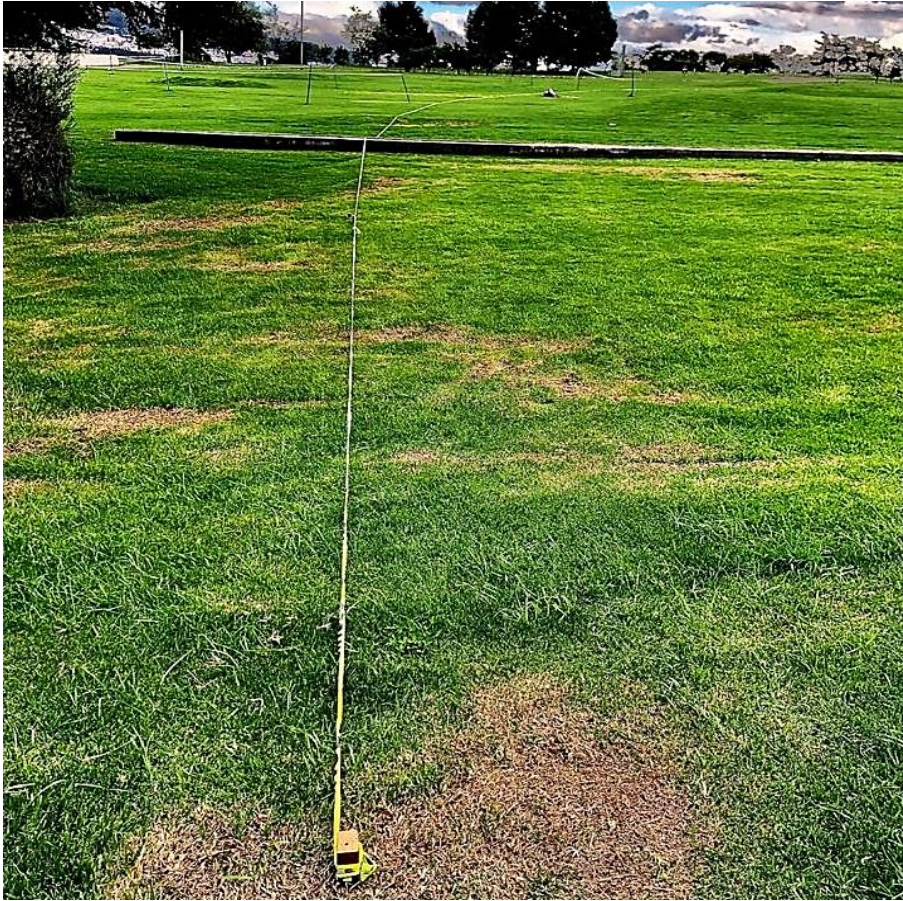
Ángulo de deflexión EC (Grados)	Distancia C1 (m)
$358^{\circ}00'00''$	3.979
$256^{\circ}00'00''$	7.961
$354^{\circ}00'00''$	11.968
$352^{\circ}00'00''$	16.068
$350^{\circ}00'00''$	20.456
$348^{\circ}00'00''$	25.726

Elaborado por: La autora.

31. Finalizando el replanteo se enrollan con la cinta amarilla todos los puntos que conforman la curva espiral-circular-espiral.

Figura 552

Replanteo de la curva espiral.



Elaborado por: La autora.

Figura 553

Replanteo de la curva circular simple.



Elaborado por: La autora.

Figura 554

Replanteo de la curva espiral.



Elaborado por: La autora.

3.1.6.7 Cálculos.

Datos

Rmin: 30 m

R: 57 m

α : 105.175° sexagesimales

Lemin: 52 m

Le: 52 m

Cálculos de los elementos que conforman la curva espiral.

Ángulo al centro de la espiral:

$$\delta e = \frac{Le}{2R} \text{ (rad)}$$

$$\delta e = \frac{52}{2 * 57}$$

$$\delta e = 0.456 \text{ rad}$$

Ángulo al centro:

$$\theta e = \frac{90 * Le}{\pi * R}$$

$$\theta e = \frac{90 * 52}{\pi * 57}$$

$$\theta e = 26.135 \text{ rad}$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda larga:

$$Ae = \frac{\theta e}{3} - \theta e * 8.3 \times 10^{-7}$$

$$Ae = \frac{26.135}{3} - 26.135 * 8.3 \times 10^{-7}$$

$$Ae = 8.712$$

Ángulo de desviación de la tangente y la cuerda corta:

$$B = \theta e - Ae$$

$$B = 26.135 - 8.712$$

$$B = 17.423$$

$$CL = Le * \cos(0.3 * \theta e)$$

$$CL = 52 * \cos(0.3 * 26.135)$$

$$CL = 51.514 \text{ m}$$

Cálculo de coordenadas:

$$Xe = CL * \cos \theta e$$

$$Xe = 51.514 * \cos(26.135)$$

$$Xe = 50.920 \text{ m}$$

$$Ye = CL * \sin \theta e$$

$$Ye = 51.514 * \sin(26.135)$$

$$Ye = 7.802 \text{ m}$$

$$P = \frac{Le^2}{24 * R}$$

$$P = \frac{52^2}{24 * 57}$$

$$P = 1.977 \text{ m}$$

$$K = Xe - R * \sin \theta e$$

$$K = 50.920 - 57 * \sin(26.135)$$

$$K = 25.812 \text{ m}$$

$$Te = (R + P) * \tan \frac{\alpha}{2} + K$$

$$Te = (57 + 1.977) * Tan \frac{105.175}{2} + 25.812$$

$$Te = 102.915 \text{ m}$$

$$Tc = \frac{Ye}{Sen\theta e}$$

$$Tc = \frac{7.802}{Sen(26.135)}$$

$$Tc = 17.713 \text{ m}$$

$$TL = Xe - \frac{Ye}{Tan\theta e}$$

$$TL = 50.920 - \frac{7.802}{Tan(26.135)}$$

$$TL = 35.017 \text{ m}$$

$$\alpha c = \alpha - 2 * \theta e$$

$$\alpha c = 105.175 - 2 * 26.135$$

$$\alpha c = 52.905 \text{ rad}$$

$$Lc = \pi * R * \frac{\alpha c}{180}$$

$$Lc = \pi * 57 * \frac{52.905}{180}$$

$$Lc = 52.632 \text{ m}$$

Cálculo de coordenadas de la curva espiral:

Le1: 10 m

$$\theta e1 = (Le1/Le)^2 * \theta e$$

$$\theta e1 = \left(10/52\right)^2 * 26.135$$

$$\theta e1 = 0.967 \text{ sexagesimales}$$

$$\theta e1 = \frac{\theta e1 * \pi}{180}$$

$$\theta e1 = \frac{0.967 * \pi}{180}$$

$$\theta e1 = 0.017 \text{ rad}$$

$$X1 = Le1 * (1 - \frac{\theta e1^2}{10} + \frac{\theta e1^4}{216} - \frac{\theta e1^6}{9360} + \frac{\theta e1^8}{685440})$$

$$X1 = 10 * (1 - \frac{0.017^2}{10} + \frac{0.017^4}{216} - \frac{0.017^6}{9360} + \frac{0.017^8}{685440})$$

$$X1 = 9.999 \text{ m}$$

$$Y1 = Le1 * (\frac{\theta e1}{3} - \frac{\theta e1^3}{42} + \frac{\theta e1^5}{1320} - \frac{\theta e1^7}{75600})$$

$$Y1 = 10 * (\frac{0.017}{3} - \frac{0.017^3}{42} + \frac{0.017^5}{1320} - \frac{0.017^7}{75600})$$

$$Y1 = 0.056 \text{ m}$$

De igual manera se realiza los cálculos para 20, 30, 40 y 50 m.

Tabla 79

Resultado de las coordenadas X Y.

Le (m)	X (m)	Y (m)
10	9.999	0.055
20	19.991	0.49
30	29.931	1.516
40	39.710	3.580
50	49.118	6.939

Elaborado por: La autora.

Cálculo de los parámetros de curva circular simple.

Datos

Δc : 52.905 rad

R: 57 m

Tangente o subtangente (T):

$$T = R \tan \frac{\Delta c}{2}$$

$$T = 57 \tan \frac{52.905}{2}$$

$$T = 28.360 \text{ m}$$

Externa €:

$$E = T \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$E = 28.360 * \tan \frac{52.905}{2}$$

$$E = 6.666 \text{ m}$$

Ordenada media (M):

$$M = R(1 - \cos \frac{\Delta c}{2})$$

$$M = 57(1 - \cos \frac{52.905}{2})$$

$$M = 5.968 \text{ m}$$

Cuerda larga (CL):

$$CL = 2R \sin \frac{\Delta c}{2}$$

$$CL = 2(57) \sin \frac{52.905}{2}$$

$$CL = 50.782 \text{ m}$$

Longitud de la cuerda

$$Lc = \frac{\pi R \Delta}{180^\circ}$$

$$Lc = \frac{\pi * 57 * 52.905}{180^\circ}$$

$$Lc = 52.632 \text{ m}$$

CÁLCULOS PARA EL REPLANTEO DE LA CURVA

δ : 2 grados

Transformación de grados a radianes:

$$\delta = \frac{\pi \delta p c}{180^\circ}$$

$$\delta = \frac{\pi * 2}{180^\circ}$$

$$\delta = 0.035 \text{ rad}$$

$$\Delta c = \frac{\pi \Delta c}{180^\circ}$$

$$\Delta c = \frac{\pi * 52.905}{180^\circ}$$

$$\Delta c = 0.923 \text{ rad}$$

Cálculos de los valores del replanteo:

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}\delta^2}{\tan(\Delta c/2) - \text{sen}2\delta}\right)$$

$$\varphi = \text{Tan}^{-1}\left(\frac{2\text{Sen}(0.035)^2}{\tan(0.923/2) - \text{sen}(2 * (0.035))}\right)$$

$$\varphi = 0.006 \text{ rad}$$

$$C2 = R \sqrt{(\tan(\Delta c/2) - \text{Sen}2\delta)^2 + 4\text{Sen}\delta^4}$$

$$C2 = 57 \sqrt{(\tan(0.923/2) - \text{Sen}(2 * 0.035))^2 + 4\text{Sen}(0.035)^4}$$

$$C2 = 24.384 \text{ m}$$

$$X = C2 * \cos\varphi$$

$$X = 24.384 * \cos(0.006)$$

$$X = 24.384$$

$$Y = C2 * \sin\varphi$$

$$Y = 24.384 * \sin(0.006)$$

$$Y = 0.139m$$

$$T - X = 28.360 - 24.384$$

$$T - X = 3.977 m$$

$$C1 = \sqrt{(T - X)^2 + Y^2}$$

$$C1 = \sqrt{(3.977)^2 + (0.139)^2}$$

$$C1 = 3.979 m$$

Se igual manera se realiza los mismos cálculos, pero ahora para un ángulo de deflexión de 4°, 6°, 8°, 10° y 12°.

Tabla 80

Resultado de las distancias C1.

Ángulo de deflexión (Grados)	Distancia C1 (m)
2°	3.979
4°	7.961
6°	11.968
8°	16.068
10°	20.456
12°	25.726

Elaborado por: La autora.

3.1.6.8 Conclusiones.

- El replanteo ejecutado en campo se realizó de forma correcta, cumpliendo con la verificación de la distancia tangente larga y corta de la espiral, las mediciones fueron precisas en sus resultados debido a la eficiencia y responsabilidad con que se realizó.
- Los diseños de las curvas espirales y circular simple cumple con las condiciones geométricas de acuerdo a la norma de diseño de carreteras, el radio mínimo de curvatura es menor que el radio de diseño ($30 < 57$ m) y la longitud mínima del arco espiral es mayor igual a la longitud de diseño de la curva espiral.
- El beneficio de realizar la práctica es que el estudiante genera más destreza en manejar los equipos y en realizar el replanteo de la curva espiral-circular-espiral, ya que cuenta con los conocimientos adquiridos en las prácticas de curvas circular y curvas espirales, con el objetivo de que el estudiante aprenda y aplique sus conocimientos adquiridos en el campo.

3.1.6.9 Recomendaciones.

- Contar como mínimo 3 cadeneros para realizar la práctica, debido que existen mediciones con cinta y con el prisma, donde deben estar ubicados en diferentes lugares del terreno.
- Templar correctamente la cinta para las mediciones horizontales.
- Fijar firmemente las estacas para las mediciones y amarrar las estacas con cinta amarilla para que un usuario no las manipule del sitio.

3.1.6.10 Croquis.

Figura 555

Ubicación del replanteo de la curva espiral-circular-espiral.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

3.1.7 Replanteo de curvas especiales.

3.1.7.1 Curvas inversas.

3.1.7.1.1 Introducción.

En el presente informe se realizará el replanteo de la curva inversa basado con la norma Asociación Americana de Oficiales de Carretera y Transporte (AASTHO), en la que se diseña de acuerdo al radio de giro. Las curvas de inversas deben cumplir con los derechos de vías sujetos a la ley de caminos, en un diseño de carreteras es necesario tener en cuenta las características físicas de los vehículos, en el cual se empieza determinando el vehículo de diseño, eligiendo al camión estándar H20-44 que consiste en un camión de dos ejes, con la finalidad de que el estudiante de ingeniería civil desarrolle su capacidad de interpretar conceptos básicos del replanteo de las curvas especiales.

3.1.7.1.2 Objetivos.

1. Obtener el radio de giro para el tipo de camión estándar H20-44
2. Replantear la curva de inversa.

3.1.7.1.3 Alcance.

El diseño de curvas inversas es necesario seleccionar el tipo de vehículo, se trabajará con un camión estándar H20-44 para el diseño, con el objetivo de que el estudiante realice el replanteo de la curva inversa con un radio de giro.

3.1.7.1.4 Fundamento teórico.

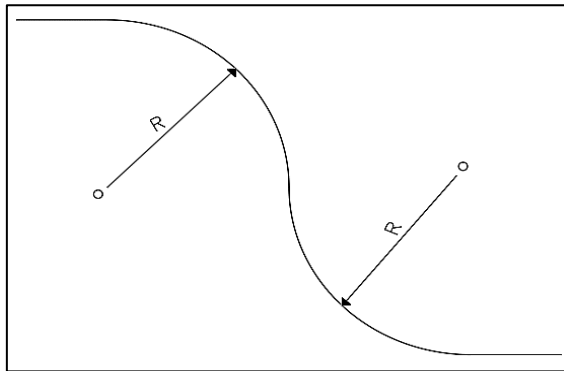
CURVA INVERSA

Es una curva que se diseña con un radio de giro, seleccionando el diseño del vehículo que depende de elementos geométricos propios de la vía, de acuerdo a las normas de diseño geométrico

de carreteras, con el fin de mejorar la operación vial y garantizar la óptima circulación de los vehículos.

Figura 556

Curva inversa.



Elaborada por: La autora.

Peralte

El peralte aplicado al retorno estará sujeto a las condiciones de las calzadas adyacentes, en especial sobre el peralte o bombeo que tengan las mismas, esto con el fin de evitar cambios bruscos entre pendientes transversales que puedan ocasionar molestias en los ocupantes del vehículo o daños a este. El valor del peralte, será producto del radio de cada retorno y se aplicará de acuerdo a la normativa vigente. Las siguientes consideraciones deben tenerse en cuenta al momento de calcular el peralte para el retorno.

Como mínimo se debe implementar el 2% de bombeo en todos los radios de diseño y anchos, con el fin de evacuar el agua en el retorno.

La rampa de peraltes estará directamente relacionada con el peralte de las dos calzadas conectadas por el retorno, conocido el ingreso como peralte de entrada y finalizará como peralte de salida.

Tiene como finalidad de que exista una transición adecuada y garantice la seguridad del usuario, sin que la variación puede generar torsión alguna en el vehículo articulado.

Determinación de los vehículos de diseño.

Se determino el tipo de vehículo pertinente de los vehículos livianos, busetas y camiones, a su vez determinar el radio de giro, se estableció el vehículo de diseño H20-44 de doble eje, clase 3 para poder desarrollar el replanteo de la curva de retorno para verificar su operación en campo.

Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios:

Tabla 81

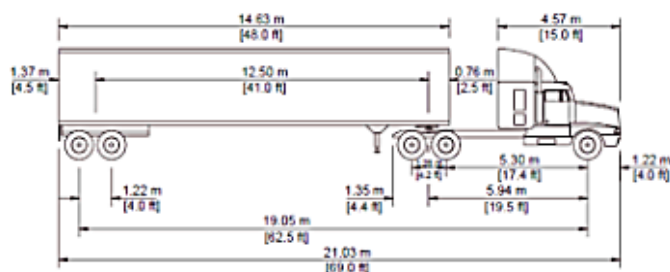
Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios.

<i>TRACTOCAMION</i>	<i>RADIO EXTERNO</i>	<i>RADIO INTERNO</i>	<i>TRACTOCAMION</i>	<i>RADIO EXTERNO</i>	<i>RADIO INTERNO</i>
C352-1	13,276	7,442	C353-1	11,265	5,383
C352-2	13,362	7,369	C353-2	11,257	5,335
C352-3	13,297	7,386	C353-3	11,333	5,406
C352-4	13,365	7,325	C353-4	11,264	5,383
C352-5	13,286	7,408	C353-5	11,292	5,361

Fuente: Cañón E, 2018.

Figura 557

Semirremolques intermedio.

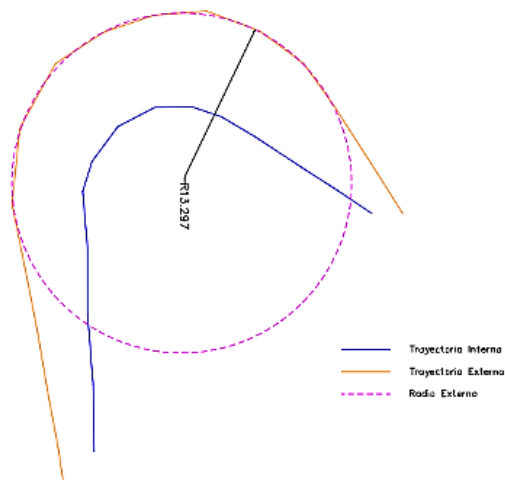


Fuente: Cañón E, 2018.

El radio de giro corresponde a la trayectoria descrita por la rueda delantera derecha si el vehículo gira en sentido horario o antihorario, representa la rueda delantera izquierda, este radio se determinó partir de círculos inscritos en la trayectoria, ajustando el más próximo.

Figura 558

Radio de giro mínimo.



Fuente: Cañón E, 2018.

La práctica se realizará con el radio de giro seleccionado de 13.297 m, que depende del tipo de diseño del camión estándar H20-44.

3.1.7.1.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 559

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

3.1.7.1.6 Procedimiento.

1. Se ubica en terreno con superficie plana, se procede a clavar con la ayuda de un combo dos estacas de forma horizontal dejándolo las fijamente.

Figura 560

Representación de los puntos fijos.



Elaborado por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado A, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 561

Manipulación del trípode.



Elaborado por: La autora.

3. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 562

Fijar el trípode.



Elaborado por: La autora.

4. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 563

Estabilizar el trípode.



Elaborado por: La autora.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 564

Colocación del equipo en la base del trípode.



Elaborado por: La autora.

6. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
7. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 565

Centrar el equipo.



Elaborado por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 566

Nivelación del equipo.



Elaborado por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 567

Encender el equipo.



Elaborado por: La autora.

10. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

Figura 569

Medición de la altura instrumental.



Elaborado por: La autora.

13. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angulo) y se presiona Enter.

Figura 570

Angulo de referencia.



Elaborado por: La autora.

14. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionará en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma; se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos que

digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.7760 m), por último, se presiona Enter.

Figura 571

Medir la altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

15. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto B, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces Enter, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 572

Angulo de referencia de 0°.



Elaborado por: La autora.

Figura 573

Digitar la altura del prisma.



Elaborado por: La autora.

Figura 574

Guardar.



Elaborado por: La autora.

Figura 575

Equipo referenciado.



Elaborado por: La autora.

16. Se gira a 270° el equipo y se ajusta fijamente el tornillo tangencial horizontal, se observa por el telescopio la alineación formada y se le comunica al cadenero que se ubique a una distancia de 13.297 m que representara el radio de giro, ubicado en la alineación se dispara presionando MSR1 dando como resultado un ángulo de $270^\circ00'00''$ y una distancia horizontal de 13.297 m, se coloca la estaca materializando el punto C. Se vuelve a medir el radio de giro desde el punto A al B a $00^\circ00'00''$, el cadenero se ubica en el punto A y coloca el inicio de la cinta métrica en el centro de la estaca y el otro cadenero estira la cinta hasta 13.297 m y se visualiza con el telescopio que se encuentre en la alineación formada entre el punto A y B, ubicado correctamente en la alineación se materializa el punto E con la ayuda de un combo se clava la estaca.

Figura 576

Girar a 270°.



Elaborado por: La autora.

Figura 577

Radio de giro mínimo de 13.967.



Elaborado por: La autora.

17. Se mueve el equipo al punto E y se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 al literal 15 (AI: 1.560 m; AO: 1.7760 m y ángulo de referencia al punto A de $00^{\circ}00'00''$), se gira el equipo a un ángulo horizontal de $90^{\circ}00'00''$ y se ajusta el tornillo tangencial horizontal. El cadenero ubica el inicio de la cinta en el centro de la estaca y el otro cadenero estira la cinta hasta 13.297 m, se visualiza por el telescopio del equipo que se encuentre en la alineación formada, ubicado correctamente se materializa el punto F.

Figura 578

Girar a 90°.



Elaborado por: La autora.

Figura 579

Alineación del radio de giro.



Elaborado por: La autora.

Figura 580

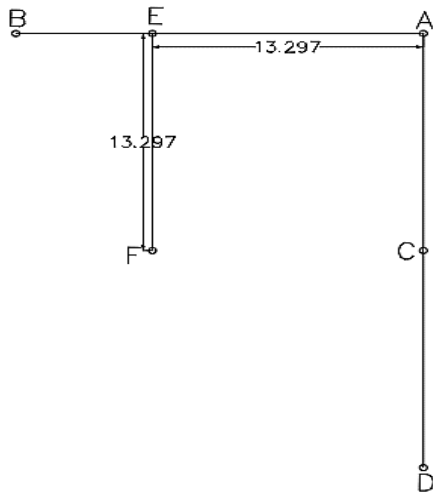
Radio de giro mínimo de 13.371 m.



Elaborado por: La autora.

Figura 581

Representación gráfica.



Elaborado por: La autora.

18. Se ubica la estación en el punto F y se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 al 15 (AI: 1.560 m, AO: 1.660 m y ángulo de referencia al punto E de $00^{\circ}00'00''$). Se gira la estación total a un ángulo horizontal de $15^{\circ}00'00''$, se coloca el inicio de la cinta en el centro de la estaca y se estira hasta los 13.297 m y se visualiza por el telescopio del equipo que se encuentre en la alineación formada y ubicado correctamente se coloca una estaca materializando el punto. Se gira nuevamente la estación a un ángulo horizontal de $30^{\circ}00'00''$ y se mueve el cadenero hasta encontrarse en la alineación y se estira la cinta métrica hasta 13.297 m y se materializa el punto. Se repite el mismo procedimiento para el resto de ángulos horizontales; cuando llegue al ángulo horizontal de $90^{\circ}00'00''$ debe coincidir con el punto C ubicado, si coincide significa que el replanteo se va realizando correctamente ya que es el punto centro de las curvas, además se mide la distancia horizontal de 26.594 m y se visualiza que se encuentre en la alineación formada, ubicado correctamente se materializa el punto G, ese punto representa el centro de la siguiente curva.

Tabla 82

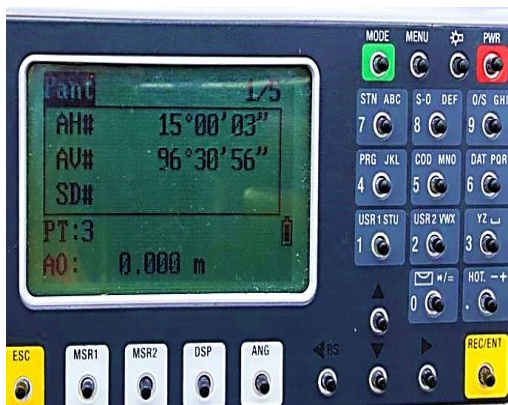
Ángulos horizontales.

Ángulo horizontal	Radio de giro (m)
15°00'00"	13.297
30°00'00"	13.297
45°00'00"	13.297
60°00'00"	13.297
75°00'00"	13.297
90°00'00"	13.297

Elaborado por: La autora.

Figura 582

Angulo horizontal de 15°.



Elaborado por: La autora.

Figura 583

Angulo horizontal de 30°.



Elaborado por: La autora.

Figura 584

Ángulo horizontal de 45°.



Elaborado por: La autora.

Figura 585

Ángulo horizontal de 60°.



Elaborado por: La autora.

Figura 586

Ángulo horizontal de 75°.



Elaborado por: La autora.

Figura 587

Ángulo horizontal de 90°.



Elaborado por: La autora.

Figura 588

Radio de giro mínimo



Elaborado por: La autora.

Figura 589

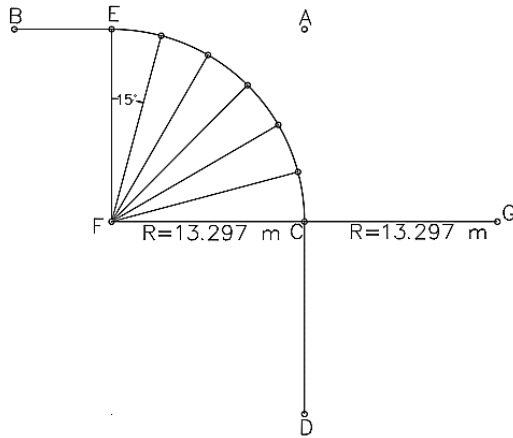
Radio de giro mínimo acumulado.



Elaborado por: La autora.

Figura 590

Representación gráfica de la curva de retorno.



Elaborado por: La autora.

19. Se ubica el equipo en el punto G y se realiza el mismo procedimiento del literal 2 al literal 15 (AI: 1.560 m, AO: 1.660 m y ángulo de referencia al punto C de $00^{\circ}00'00''$). Se gira la estación a un ángulo horizontal de $345^{\circ}00'00''$, debido que el equipo mide en sentido horario, se ubica la cinta en el centro de la estaca y la cadenera estira hasta 13.297 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre en la alineación y con la ayuda del combo se clava la estaca materializando el punto. Así sucesivamente se realiza para el resto de ángulos horizontales:

Tabla 83

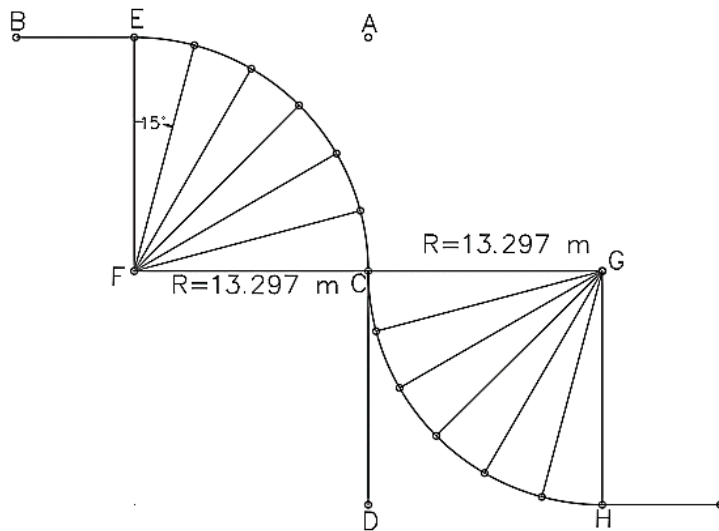
Ángulos de giro.

Ángulo horizontal	Radio de giro (m)
$330^{\circ}00'00''$	13.297
$315^{\circ}00'00''$	13.297
$300^{\circ}00'00''$	13.297
$285^{\circ}00'00''$	13.297
$270^{\circ}00'00''$	13.297

Elaborado por: La autora.

Figura 591

Representación de la curva inversa.



Elaborado por: La autora.

20. Finalmente se ubica el cadenero con la cinta en el punto D y se estira la cinta al punto C donde debe coincidir con el radio de giro de 13.297 m, y al punto H debe de igual manera coincidir los 13.297 m, cumpliendo con esta medición significa que el replanteo de la curva inversa se realizó correctamente.

Figura 592

Replanteo de la curva inversa.



Elaborado por: La autora.

3.1.7.1.7 Conclusiones.

- Se determino satisfactoriamente, que el tipo de vehículo de diseño fue un camión estándar H20-44, garantizando la óptima operabilidad y libre maniobra sin generar conflictos a usuarios. Se trabajo con un radio de giro de 13.297 m, que cumplen con las condiciones de diseño de la curva de retorno, para el tipo de vehiculado articulado.
- El estudiante tendrá la información completa para desarrollar la practica en campo, cumpliendo con las normativas de diseño vigentes en nuestro país, generando una fuente de investigación en el manual y que el estudiante entienda de manera didáctica y técnica la práctica a realizar.

3.1.7.1.8 Recomendaciones.

- Se recomiendan estirar lo suficiente la cinta métrica, para tomar las medidas de los radios de giro.
- Colocar fijamente las estacas en el terreno.
- Centrar y nivelar correctamente el equipo al momento de tomar ángulos horizontales para referencia de mediciones.
- Se sugiere trabajar en un terreno plano y llano al momento de realizar la práctica del replanteo de la curva inversa, para mayor facilidad al estudiante de ingeniería civil.

3.1.7.1.9 Croquis.

Figura 593

Ubicación del replanteo de la curva inversa.



Elaborado por: La autora.

3.1.7.2 Curva de retorno.

3.1.7.2.1 Introducción.

En el presente informe se pretende dar a conocer la curva de retorno y los elementos que la conforman, en la que se diseña de acuerdo al radio de giro, del cual pueden ser tipo cuadrada, circular, rectangular, tipo T entre otras. Las curvas de retorno deben cumplir con los derechos de vías sujetos a la ley de caminos, en un diseño de carreteras es necesario tener en cuenta las características físicas de los vehículos, en el cual se empieza determinando el vehículo de diseño, eligiendo a el tipo de camión estándar H20-44 como vehículos de diseño y un ángulo de deflexión igual a 180° sexagesimales, con la finalidad de que el estudiante de ingeniería civil desarrolle su capacidad de interpretar conceptos básicos del replanteo de las curvas especiales.

3.1.7.2.2 Objetivos.

1. Obtener el radio de giro en base al camión estándar H20-44 como vehículo de diseño.
2. Replantear la curva de retorno.

3.1.7.2.3 Alcance.

El diseño de la curva de retorno será con un ángulo de deflexión igual a 180° sexagesimales, es necesario seleccionar el tipo de vehículo, basado en el camión estándar H20-44 como vehículo de diseño, con el objetivo de que el estudiante realice el replanteo de la curva de retorno con un radio de giro constante.

3.1.7.2.4 Fundamento teórico.

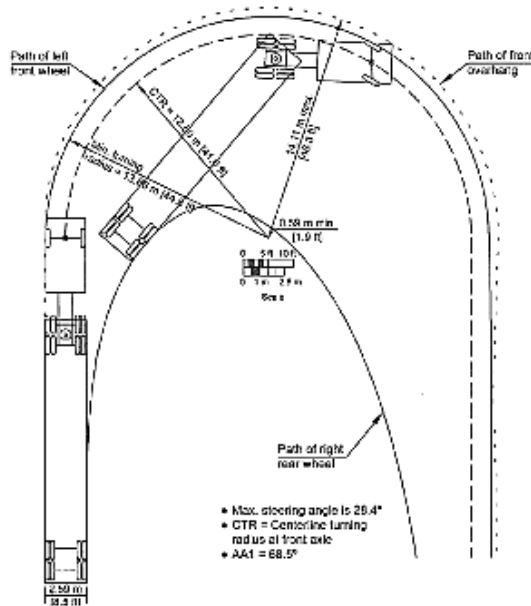
CURVA DE RETORNO

La curva dependerá del radio o los radios mínimos de retorno, según sea el caso necesario y de la disponibilidad predial, cumpliendo con la condición de diseño en el que el radio de diseño no será menor al radio mínimo de giro de vehículo de diseño. Las calles deben ser lo suficientemente

anchas para permitir el giro total del vehículo, necesitan ser lo suficiente grandes para la comodidad de los vehículos y camionetas, también para vehículos medianos y vehículos articulados.

Figura 594

Representación de la curva de retorno.



Fuente: Cañón E, 2018.

Determinación de los vehículos de diseño

Se determinó el tipo de vehículo pertinente de los vehículos livianos, busetas y camiones C2 y a su vez determinar el radio de giro, se estableció el vehículo de diseño H20-44 que es un camión estándar de doble eje, clase 3 para poder desarrollar el replanteo de la curva de retorno para verificar su operación en campo.

Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios:

Tabla 84

Recorrido mínimo de giro para semirremolques intermedios.

<i>TRACTOCAMION</i>	<i>RADIO EXTERNO</i>	<i>RADIO INTERNO</i>	<i>TRACTOCAMION</i>	<i>RADIO EXTERNO</i>	<i>RADIO INTERNO</i>
C352-1	13,276	7,442	C353-1	11,265	5,383
C352-2	13,362	7,369	C353-2	11,257	5,335
C352-3	13,297	7,386	C353-3	11,333	5,406
C352-4	13,365	7,325	C353-4	11,264	5,383
C352-5	13,286	7,408	C353-5	11,292	5,361

Fuente: Cañón E, 2018.

3.1.7.2.5 Equipo utilizado.

- **Nombre del equipo:** Estación total.

Descripción: La serie FOCUS 2 de Spectra Precisión está formada por nuevas estaciones totales mecánicas muy accesibles que ofrecen versatilidad, facilidad de uso y un completo software a bordo de rendimiento y productividad sin precedentes.

- **Nombre del equipo:** Trípode.

Descripción: Es una herramienta de aluminio que sirve para estabilizar la estación total, donde consta de 3 patas que puede ser de fácil manipulación con el objetivo de que sirvan de apoyo, son sumamente estables en cualquier terreno.

- **Nombre del equipo:** Prisma topográfico.

Descripción: Es un aparato topográfico, que es empleado para la medición en topografía, de forma circular que se encuentra constituido por un conjunto de cristales, cuya función es la proyectar la señal EMD que produce una estación total.

- **Nombre del equipo:** Bastón.

Descripción: Es una herramienta metálica pintada con franjas alternas, que son de color blanco y rojo con una longitud de 25 cm alternado, para así brindar una mayor visualización del bastón.

- **Nombre del equipo:** Flexómetro.

Descripción: Es un instrumento flexible desarrollado de un material metálico, que sirve para la medición de elementos y de uso general. Con una longitud máxima de 5m.

- **Nombre del equipo:** Martillo.

Descripción: Es una herramienta básica, hecha de hierro su mango y la cabeza del martillo, que sirve de apoyo para apuntalar estacas en un terreno, pesa alrededor de 5lb.

- **Nombre del equipo:** Cinta métrica.

Descripción: Es una herramienta plástica, que sirve fundamental en topografía para de medición de distancias horizontales y verticales, se puede medir hasta distancias no mayores a 50m.

- **Nombre del equipo:** Estacas.

Descripción: Es un material de madera con mediciones de 4x4X24 cm, que sirve de estacas para establecer puntos fijos al momento de realizar un levantamiento.

- **Nombre del equipo:** GPS SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50

Descripción: Es un equipo de marca SPECTRA PRECISION MobileMAPPER 50, que es fundamental en las prácticas de topografía, sirve orientar, brindar coordenadas UTM, ángulos, brújula, etc.

- **Nombre del equipo:** Cinta peligro.

Descripción: Es una cinta de color amarillo y rojo elaboradas en polietileno, sus medidas son de 12.5 cm x 500 m, aproximadamente.

Figura 595

Identificación de los equipos.



Elaborado por: La autora.

3.1.7.2.6 Procedimiento.

1. Se ubica en terreno con superficie plana, se procede a clavar con la ayuda de un combo dos estacas de forma horizontal dejándolo las fijamente.

Figura 596

Representación de los puntos fijos.



Elaborada por: La autora.

2. Se estacionará el equipo en el punto materializado A, se procede a armar el trípode, se afloja las abrazaderas y se coloca el trípode a la altura del mentón del topógrafo.

Figura 597

Manipulación del trípode.



Elaborada por: La autora.

3. Se abre las patas metálicas del trípode lo suficiente hasta que el instrumento se encuentre estable y se presiona las tres patas metálicas del trípode sobre el terreno.

Figura 598

Fijar el trípode.



Elaborada por: La autora.

4. Se nivela aproximadamente la superficie superior de la cabeza del trípode ajustando la altura de las patas.

Figura 599

Estabilizar el trípode.



Elaborada por: La autora.

5. Se procede a retirar el instrumento de su estuche, se verifica que no esté ajustado el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial del telescopio, se coloca el instrumento sobre la cabeza del trípode; se inserta el tornillo de montaje del trípode en el orificio central de la placa base del instrumento y se ajusta el tornillo de montaje del trípode.

Figura 600

Colocar el equipo en la base del trípode



Elaborada por: La autora.

6. Se procede al centrado de la plomada óptica, se visualiza mediante la plomada óptica el punto materializado PI y si no está correctamente centrado se mueve con la ayuda de las dos patas metálicas hasta encontrar la cara superior del clavo ubicado en la estaca que representa el PI, se procede a presionar las dos patas metálicas a un centrado aproximado, para una mejor apreciación al centrado se procede a aflojar el tornillo de montaje del trípode y se procede a mover el instrumento hasta que se encuentre en el centro del punto y se ajusta el tornillo de montaje de trípode fijamente.
7. Se procede a centrar la estación total, se afloja las abrazaderas de las patas del trípode y se ajusta la longitud de las patas hasta que se encuentre la burbuja en el centro del nivel esférico.

Figura 601

Centrar el equipo.



Elaborada por: La autora.

8. Se coloca el nivel tubular de la estación total paralelo a la línea imaginaria que conecta al tornillo nivelante A y B, se giran los tornillos en sentidos opuestos y al mismo instante en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario, se procede a manipular los tornillos hasta que la burbuja se encuentre en el centro del nivel tubular; se rota el instrumento perpendicularmente a un ángulo de 90° a la línea de conexión de los tornillos nivelantes A y B, se ajusta el tornillo nivelante C en cualquier dirección sea en sentido horario o antihorario para colocar la burbuja en el centro del nivel tubular. Se realiza este procedimiento el número de veces necesarias para verificar que se encuentre correctamente nivelado para una mayor precisión en sus resultados.

Figura 602

Nivelación del equipo.



Elaborada por: La autora.

9. Se enciende el equipo.

Figura 603

Encender el equipo.



Elaborada por: La autora.

10. Se formatea el equipo, para que no exista confusión con los resultados existente en el equipo, se presiona la tecla (Menú), se abre una pestaña y se ubica en la opción 9 (Format), por último, se abre una pestaña y se ubica en la opción 3 (Inicializando), se presiona Enter y se espera que se abra una pestaña que diga que el equipo esta formateado.

11. Se presiona la tecla (ESC) hasta que se encuentre en la pestaña principal, se procede abrir la opción 7 (STN) donde indica que son los puntos de partida de la estación total, se abre la opción 1 (Conocido), se presiona Enter.

Figura 604

Punto de partida.



Elaborada por: La autora.

12. Mostrando la pestaña (Entr ESTAC), se nombra el punto donde se encuentra plantada la estación ST: A y con una altura instrumental medida desde la cara superior de la estaca hasta el eje de referencia AI: 1.570 m, se presiona Enter. Indicando que digitemos las coordenadas N, E y Z, en el cual todas serán igual a cero debido a que las mediciones a realizar serán angulares y distancias horizontales, se presiona Enter.

Figura 605

Medir altura instrumental.



Elaborada por: La autora.

13. Aparece la pestaña indicando Vista Posterior de que método utilizaremos para la medición, mediante coordenadas o un ángulo de referencia, en el que se procede a realizar la toma del ángulo de deflexión mediante el ángulo de referencia, se ubica en la opción 2 (Angulo) y se presiona Enter.

Figura 606

Angulo de referencia.



Elaborada por: La autora.

14. Se procede a medir la altura del prisma que se posicionará en el punto A, no olvidar que se mide desde la punta hasta el eje del prisma; se presiona Enter y se abre la pestaña donde nos

que digitemos la nomenclatura del punto a visualizar (A) y la altura del prisma (AO: 1.7760 m), por último, se presiona Enter.

Figura 607

Medir la altura del prisma.



Elaborada por: La autora.

15. Aparece la pestaña donde debemos colocar el valor del ángulo (Entr AZ VP), teniendo como referencia el punto B, se comunica al cadenero que mantenga centrado y nivelado el prisma, se visualiza para enlazar al prisma mediante el telescopio de la estación total y se centra los ejes del telescopio en el centro del prisma; se ajusta el tornillo tangencial horizontal y el tornillo tangencial para que se encuentre fijamente y se presiona 00°00'00'', por último, se procede a presionar dos veces Enter, aparece en la siguiente pestaña (GrabDatsESTACIO!) segundos después (GrabDatsCrudos!) indicando que la estación total se encuentra georreferenciada, enlazada y lista para usar.

Figura 608

Angulo de referencia de 0.



Elaborada por: La autora.

Figura 609

Referenciado el equipo.



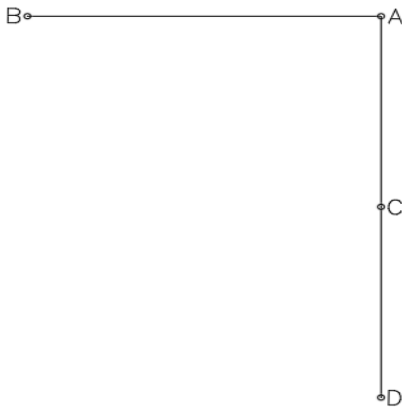
Elaborada por: La autora.

16. Se gira a 270° el equipo y se ajusta fijamente el tornillo tangencial horizontal, se observa por el telescopio la alineación formada y se le comunica al cadenero que se ubique a una distancia de 13.297 m que representara el radio de giro, ubicado en la alineación se dispara presionando MSR1 dando como resultado un ángulo de $270^\circ00'00''$ y una distancia horizontal de 13.297 m, se coloca la estaca materializando el punto C. Se vuelve a una distancia de 26.594 m que representara el diámetro de la curva de retorno, el cadenero se coloca a 26.594 m y se verifica

por el telescopio que se encuentre en la alineación y se coloca otra estaca materializado el punto D.

Figura 610

Representación gráfica.



Elaborada por: La autora.

Figura 611

Ángulo de giro de 270°.



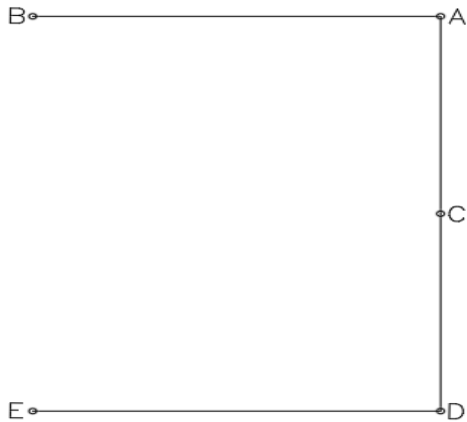
Elaborada por: La autora.

17. Se mueve el equipo al punto D y se realiza el mismo procedimiento mencionado en el literal 2 al 15 (AI: 1.56 m; AO: 1.600m y ángulo de referencia al punto A de 00°00'00'') se gira el equipo a 270°00'00'' debido a que la estación mide en sentido horario, se coloca una estaca

aproximadamente 20 m, se visualiza por el telescopio que se encuentre el cadenero dentro de la alineación y se coloca una estaca materializando el punto E.

Figura 612

Representación de los puntos fijos.

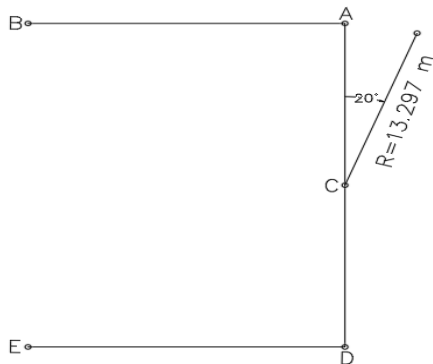


Elaborada por: La autora.

18. Por último se mueve el equipo al punto C, se realiza los mismos pasos mencionados en el literal 2 al literal 15 (AI: 1.550 m: AO: 1.600m y ángulo de referencia al punto A de $00^{\circ}00'00''$), se gira la estación total a $20^{\circ}00'00''$ y se fija con el tornillo tangencial horizontal, con la ayuda de la cinta se mide el radio de giro, el cadenero se ubica en el punto C y coloca el inicio de la cinta en el centro de la estaca y el otro cadenero estira la cinta hasta 13.297 m, mediante el telescopio se visualiza que se encuentre en la alineación formada se le dice que se mueva derecha o izquierda hasta que se ubique correctamente y se materializa con la ayuda de un combo se clava la estaca en el punto 1 de la curva de retorno.

Figura 613

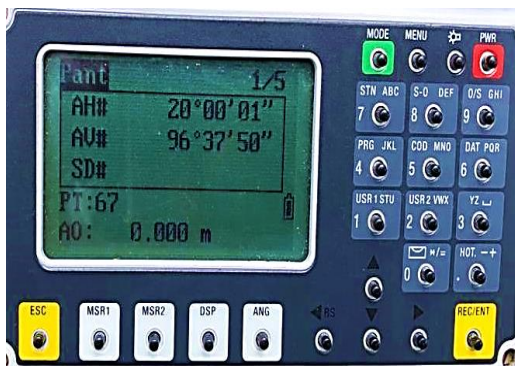
Grafica de los puntos fijos y el radio de giro.



Elaborada por: La autora.

Figura 614

Ángulo de giro de 20°.



Elaborada por: La autora.

Figura 615

Radio de giro mínimo.



Elaborada por: La autora.

19. Se gira a $40^{\circ}00'00''$ y se fija el tornillo tangencial horizontal, se le dice al cadenero que se ubique en la alineación guiando mediante el telescopio de la estación, se ubica correctamente se estira la cinta a 13.297 m y se materializa el punto 2 de la curva. Se realiza el mismo procedimiento para el resto de ángulos horizontales:

Tabla 85

Ángulos de horizontales cada 20° .

Ángulo horizontal	Radio de giro (m)
$40^{\circ}00'00''$	13.297
$60^{\circ}00'00''$	13.297
$80^{\circ}00'00''$	13.297
$100^{\circ}00'00''$	13.297
$120^{\circ}00'00''$	13.297
$140^{\circ}00'00''$	13.297
$160^{\circ}00'00''$	13.297

Elaborada por: La autora.

Figura 616

Ángulo de giro de 40° .



Elaborada por: La autora.

Figura 617

Ángulo de giro de 60°.



Elaborada por: La autora.

Figura 618

Ángulo de giro de 80°.



Elaborada por: La autora.

Figura 619

Ángulo de giro de 100°.



Elaborada por: La autora.

Figura 620

Ángulo de giro de 120°.



Elaborada por: La autora.

Figura 621

Ángulo de giro de 140°.



Elaborada por: La autora.

Figura 622

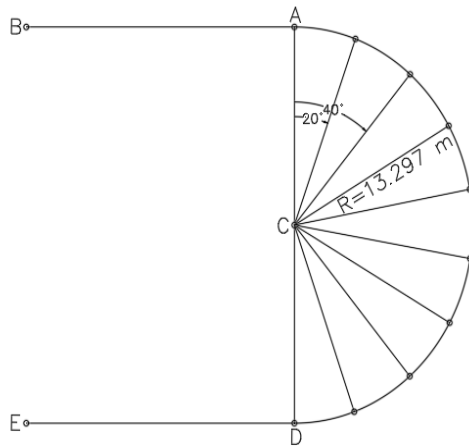
Ángulo de giro de 160°.



Elaborada por: La autora.

Figura 623

Representación de la curva de retorno.



Elaborada por: La autora.

20. Finalmente se verifica que a 180° de la medición de 13.297 m del radio de giro, cumpliendo esta medición significa que el replanteo de la curva de retorno se realizó correctamente.

Figura 624

Replanteo de la curva de retorno.



Elaborada por: La autora.

3.1.7.2.7 Conclusiones.

- Se determino satisfactoriamente, que el tipo de vehículo de diseño es un camión estándar H20-44, garantizando la óptima operabilidad y libre maniobra sin generar conflictos a usuarios.
- Se trabajo con un radio de giro de 13.297 m, que cumplen con las condiciones de diseño de la curva de retorno, para el tipo de camión estándar H20-44.
- El estudiante tendrá la información completa para desarrollar la practica en campo, cumpliendo con las normativas de diseño vigentes en nuestro país, generando una fuente de investigación en el manual y que el estudiante entienda de manera didáctica y técnica la practica a realizar.

3.1.7.2.8 Recomendaciones

- Se recomiendan estirar lo suficiente la cinta métrica, para tomar las medidas de los radios de giro.
- Colocar fijamente las estacas en el terreno.
- Centrar y nivelar correctamente el equipo al momento de tomar ángulos horizontales para referencia de mediciones.
- Se sugiere trabajar en un terreno plano y llano al momento de realizar la práctica del replanteo de la curva inversa, para mayor facilidad al estudiante de ingeniería civil.

3.1.7.2.9 Croquis.

Figura 625

Ubicación del replanteo de la curva de retorno.



Fuente: Google Earth Pro, Quito.

REFERENCIAS

- Batista, Y. y Belete, O. (2013). Consideraciones sobre la exactitud de las redes de levantamiento topografico. *Minería&Geología*, 29.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223529300004>
- Cañón, E. (2018). *Radios de giro de camiones articulados para diseño vial urbano en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomas] Bogotá D&C.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14678/2018elkinca%C3%B1on.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Choconta, P. (2011). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS* (2nd ed.). Bogotá: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- Cormac, Mc. (2007). *TOPOGRAFÍA*. Clemson: LIMUSA WILEY.
- Estación total Spectra Precision serie Focus 2. (2014). *Guía del usuario*. SPECTRA PRECISION.
- Gámez Morales, W. (2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General*. Managua: UNA.
- García, F. (1994). *CURSO BÁSICO DE TOPOGRAFÍA*. Árbol Editorial, S. A de C. V.
- Instituto Geográfico Militar. (2008). *MAPA DE LA RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR REGME*. Recuperado de:
http://www.geoportaligm.gob.ec/geodesia/index.php/red_activa/
- James, C. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras* (2nd ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Jiménez, G. (2007). *TOPOGRAFÍA PARA INGENIEROS CIVILES*. Universidad del Quindío.
- López Cuervo y Estévez, S. (1996). *TOPOGRAFÍA* (2nd ed.). Ediciones Mundi-Prensa.

MTOP. (2003). Normas de Diseño Geometrico de Carreteras. In M. T. PÚBLICAS, Normas de Diseño Geometrico de Carreteras (p. 469). QUITO: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Navarro, S. (2011). *Diseño y Calculo Geometrico de Viales – Alineamiento Horizontal*. Universidad Nacional de Ingeniería.

NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS. (2003). *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*. Quito: Ministerio de Transporte y obras Publicas.

SENCICO. (2010). *Curso Completo de Topografía*.

<https://civilyedaro.files.wordpress.com/2013/08/curso-completo-de-topografia-sencico.pdf>

Torres, A., y Villate, E. (2000). *TOPOGRAFÍA*. Bogotá: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.